



Acerca de este libro

Esta es una copia digital de un libro que, durante generaciones, se ha conservado en las estanterías de una biblioteca, hasta que Google ha decidido escanearlo como parte de un proyecto que pretende que sea posible descubrir en línea libros de todo el mundo.

Ha sobrevivido tantos años como para que los derechos de autor hayan expirado y el libro pase a ser de dominio público. El que un libro sea de dominio público significa que nunca ha estado protegido por derechos de autor, o bien que el período legal de estos derechos ya ha expirado. Es posible que una misma obra sea de dominio público en unos países y, sin embargo, no lo sea en otros. Los libros de dominio público son nuestras puertas hacia el pasado, suponen un patrimonio histórico, cultural y de conocimientos que, a menudo, resulta difícil de descubrir.

Todas las anotaciones, marcas y otras señales en los márgenes que estén presentes en el volumen original aparecerán también en este archivo como testimonio del largo viaje que el libro ha recorrido desde el editor hasta la biblioteca y, finalmente, hasta usted.

Normas de uso

Google se enorgullece de poder colaborar con distintas bibliotecas para digitalizar los materiales de dominio público a fin de hacerlos accesibles a todo el mundo. Los libros de dominio público son patrimonio de todos, nosotros somos sus humildes guardianes. No obstante, se trata de un trabajo caro. Por este motivo, y para poder ofrecer este recurso, hemos tomado medidas para evitar que se produzca un abuso por parte de terceros con fines comerciales, y hemos incluido restricciones técnicas sobre las solicitudes automatizadas.

Asimismo, le pedimos que:

- + *Haga un uso exclusivamente no comercial de estos archivos* Hemos diseñado la Búsqueda de libros de Google para el uso de particulares; como tal, le pedimos que utilice estos archivos con fines personales, y no comerciales.
- + *No envíe solicitudes automatizadas* Por favor, no envíe solicitudes automatizadas de ningún tipo al sistema de Google. Si está llevando a cabo una investigación sobre traducción automática, reconocimiento óptico de caracteres u otros campos para los que resulte útil disfrutar de acceso a una gran cantidad de texto, por favor, envíenos un mensaje. Fomentamos el uso de materiales de dominio público con estos propósitos y seguro que podremos ayudarle.
- + *Conserve la atribución* La filigrana de Google que verá en todos los archivos es fundamental para informar a los usuarios sobre este proyecto y ayudarles a encontrar materiales adicionales en la Búsqueda de libros de Google. Por favor, no la elimine.
- + *Manténgase siempre dentro de la legalidad* Sea cual sea el uso que haga de estos materiales, recuerde que es responsable de asegurarse de que todo lo que hace es legal. No dé por sentado que, por el hecho de que una obra se considere de dominio público para los usuarios de los Estados Unidos, lo será también para los usuarios de otros países. La legislación sobre derechos de autor varía de un país a otro, y no podemos facilitar información sobre si está permitido un uso específico de algún libro. Por favor, no suponga que la aparición de un libro en nuestro programa significa que se puede utilizar de igual manera en todo el mundo. La responsabilidad ante la infracción de los derechos de autor puede ser muy grave.

Acerca de la Búsqueda de libros de Google

El objetivo de Google consiste en organizar información procedente de todo el mundo y hacerla accesible y útil de forma universal. El programa de Búsqueda de libros de Google ayuda a los lectores a descubrir los libros de todo el mundo a la vez que ayuda a autores y editores a llegar a nuevas audiencias. Podrá realizar búsquedas en el texto completo de este libro en la web, en la página <http://books.google.com>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

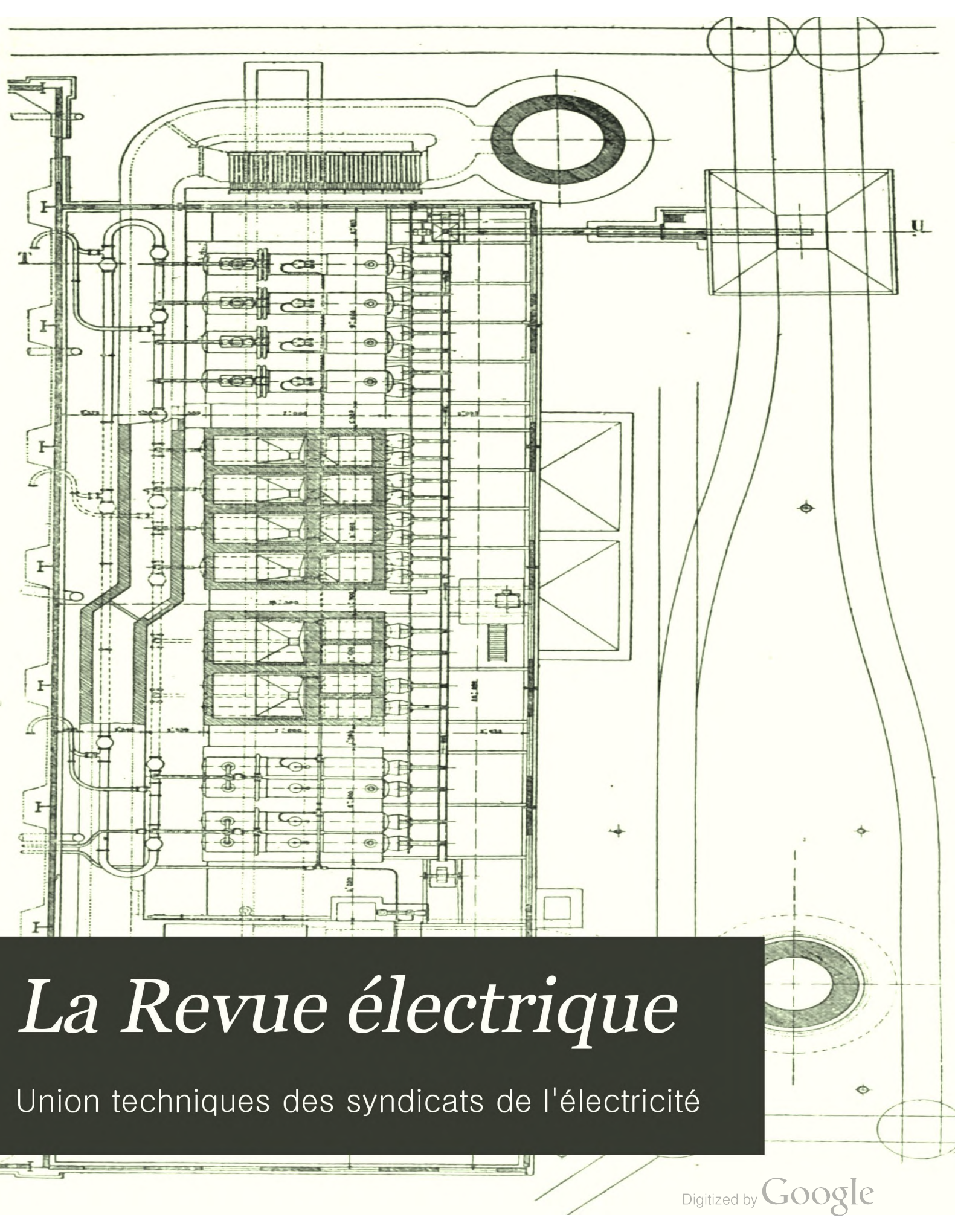
Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

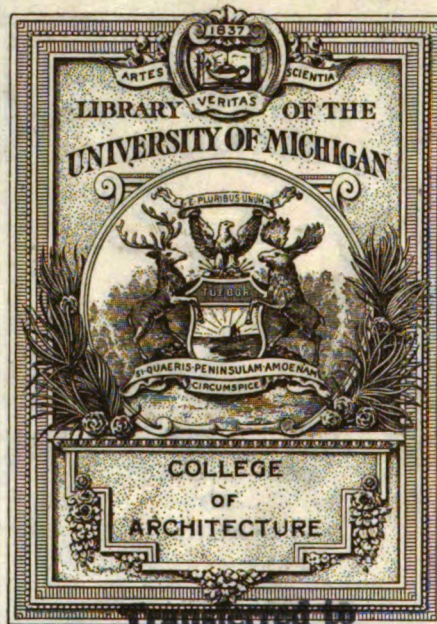
À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>

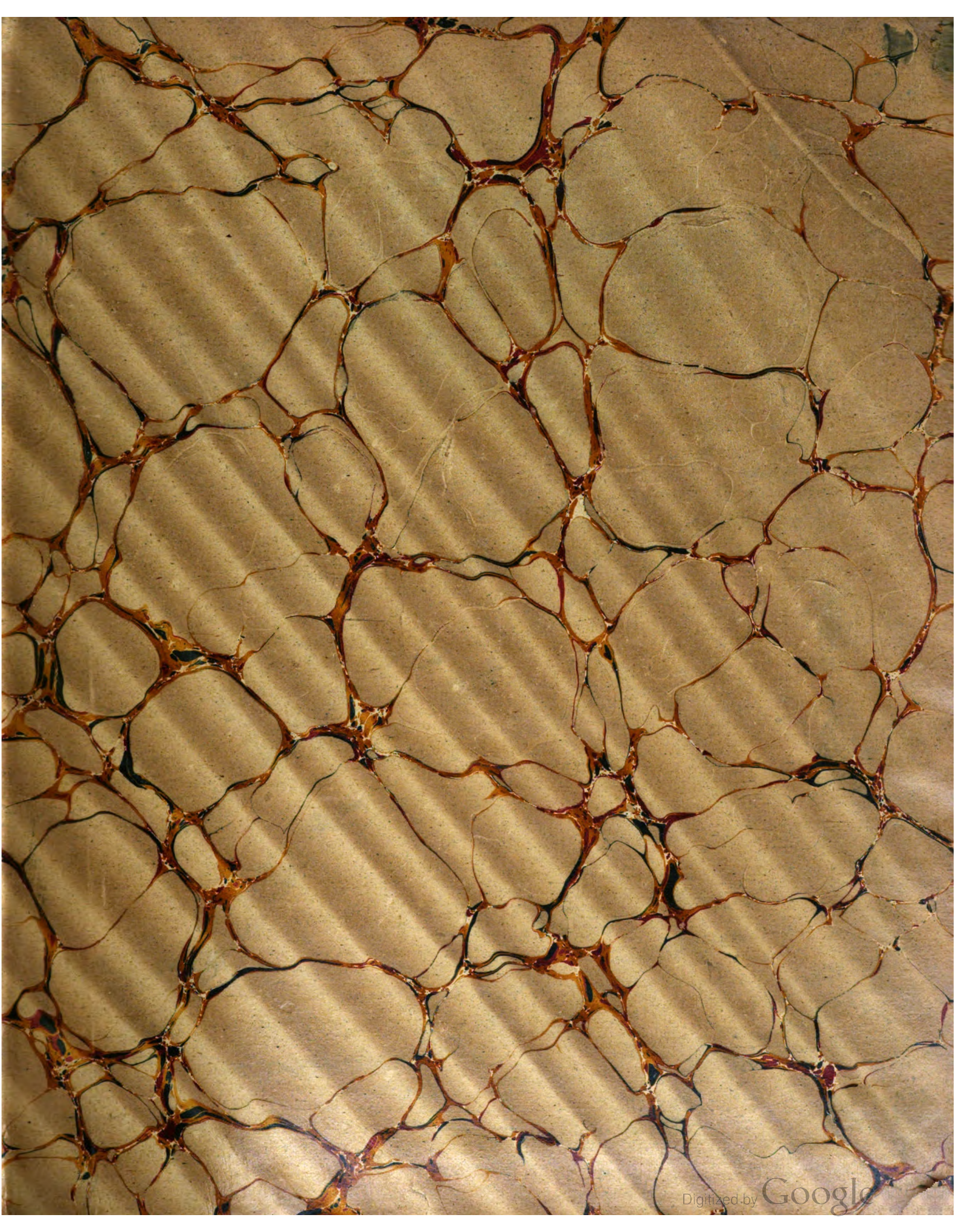


La Revue électrique

Union techniques des syndicats de l'électricité



TRANSFERRED TO
GENERAL LIBRARY



GEN. LIBRARY.

TK
2
.R45

LA
REVUE ÉLECTRIQUE

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,

36191 Quai des Grands-Augustins, 55.

LA
REVUE ÉLECTRIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE

J. BLONDIN,

AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ, PROFESSEUR AU COLLÈGE ROLLIN.

Avec la collaboration de :

MM. ARMAGNAT, BECKER, CHARPENTIER, COURTOIS, DA COSTA,
JACQUIN, JUMAU, GOISOT, J. GUILLAUME, LABROUSTE, LAMOTTE, MAUDUIT, MAURAIN,
PELLISSIER, RAVEAU, G. RICHARD, TURPAIN, etc.

TOME III

Janvier-Juin 1905.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

—
1905

(Tous droits réservés.)

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

- I. **Les installations électriques de la ligne de Paris à Juvisy**, par P. BOURQUIGNON, p. 5.
- II. **Génération et transformation** : Moteurs à vapeur, p. 11; Moteurs à gaz, p. 12; Piles et accumulateurs, p. 12; Usines génératrices, p. 12; Brevets récents, p. 13. — **Transmission et distribution** : Théorie de l'échauffement des câbles, par J. TEICHMÜLLER, p. 14; Brevets récents, p. 17. — **Applications mécaniques** : Indicateur de niveau d'eau, etc; Brevets récents, p. 18. — **Traction** : La substitution de la traction électrique à la traction à vapeur, par J.-G. WHITE, p. 19; Divers, p. 20. — **Télégraphie et téléphonie** : Récepteurs électrolytiques pour la télégraphie sans fil, par DE FOREST, p. 21; Câble sous-marin isolé à la gutta Gentzsch, p. 22; Téléphonie sans fil; Brevets récents, p. 23. — **Éclairage** : Éclairage électrique des signaux de chemins de fer, par A. FREY; Brevets récents, p. 24. — **Electrochimie** : Electrolyse des chlorures alcalins additionnés de fluorures, par FORSTER et MULLER; Procédé Heibling pour la fabrication des alcalis, p. 25. — **Mesures et essais** : Essai industriel du fer en Amérique, p. 26 et 27. — **Divers**, p. 28.
- III. **Bibliographie** : Résistance, Inductance et capacité, par J. RODET; Électrotechnique appliquée, par A. MAUDUIT; L'Électricité pour tous, par H. DE GRAFFIGNY, p. 29.
- IV. **Variétés. Informations** : La traction électrique sur les chemins de fer; Électrification du Métropolitain de Londres; Démarrage des moteurs asynchrones. Les récompenses de l'Exposition de Saint-Louis. Sociétés savantes et techniques. Informations diverses, p. 30 à 32.

LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES DE LA LIGNE DE PARIS A JUVISY.

Dans notre précédent article nous avons donné un aperçu général de ces installations; dans celui-ci nous décrivons l'usine génératrice d'électricité.

Cette usine est située à l'angle du pont de Tolbiac et du quai de la Gare dans les terrains de la Compagnie. Elle occupe une superficie de 2605^m soit 1560^m pour la salle des machines et 1045^m pour la chaufferie. Elle alimente non seulement les sous-stations de traction, mais encore les circuits d'éclairage des gares du quai d'Orsay, Austerlitz, Ivry (marchandises et des ateliers), ainsi que de nombreux moteurs. La figure 1 en montre une coupe en travers.

SALLE DES MACHINES. — La figure 2 donne le plan général de la salle des machines, la figure 4 une photographie depuis l'entrée.

Machines à vapeur. — Les groupes générateurs sont au nombre de 3. Ils comprennent chacun une machine Dujardin de 1500 chevaux indiqués à triple expansion et 4 cylindres, savoir : 1 cylindre à haute pression, 1 à moyenne pression, 2 à basse pression. La distribution aux cylindres se fait par distributeurs Corliss dans les deux machines livrées au début, soit en 1900; elle se fait par piston-valve équilibré à déclie

dans la troisième machine installée cette année. Les dimensions des cylindres sont :

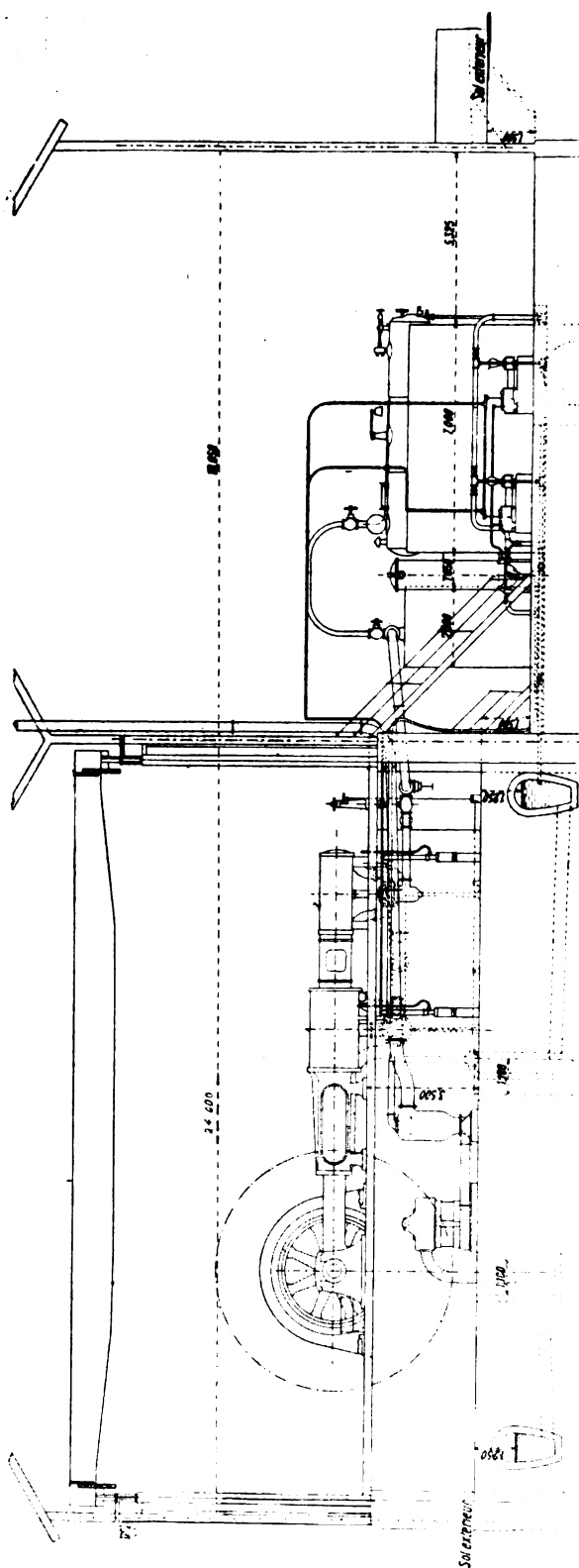
	Diamètre.
	^m
Cylindre haute pression.....	0,610
Cylindre moyenne pression.....	0,920
Cylindres basse pression (1).....	1,050
Course commune.....	1,650

Les distributeurs du petit cylindre sont seuls commandés par le régulateur. Un dispositif de la tuyauterie permet de marcher en compound simple en supprimant le petit cylindre, ou même avec une des moitiés de la machine en cas d'avarie. L'arbre est soutenu par un palier intermédiaire placé entre l'alternateur et le volant calés sur lui. Le diamètre du volant est de 7^m,50; le poids de la jante, 35 tonnes.

Chaque machine actionne deux condenseurs et deux pompes à air. Le moyen et le petit cylindre sont réchauffés par une circulation spéciale de vapeur; le petit cylindre par la vapeur

(1) Ces cylindres sont groupés par deux en tandem : d'un côté le cylindre à haute pression avec un cylindre à basse pression; de l'autre côté le cylindre à moyenne pression avec le deuxième cylindre à basse pression. Le cylindre à basse pression est en avant dans chaque groupe; les manivelles sont calées à 90°.

Fig. 1. — Coupe en travers de la salle des machines et de la chaufferie.



entrant. La pression d'admission de la vapeur est de $11 \text{ kg} : \text{cm}^2$; la vitesse angulaire, de 75 tours par minute. Les machines développent une puissance indiquée de :

800 ^{chx}	pour une admission de	0,02 du vol. gr. cyl.
1200 ^{chx}	»	0,03 »
1500 ^{chx}	»	0,046 »
1700 ^{chx}	»	0,055 »

Il est à remarquer qu'actuellement l'allure de surcharge, 1700 chevaux, est très souvent réalisée.

Le coefficient d'irrégularité dans un tour ne dépasse pas 0,4 pour 100.

Les consommations maxima spécifiées pour la vapeur sont :

5^k,3 vapeur surchauffée à 250°, pression 11^k, par cheval indiqué en pleine charge de 1200 à 1500 chevaux;
5^k,9 vapeur surchauffée à 250°, pression 11^k, par cheval indiqué pour une charge entre 800 et 1200 chevaux ou entre 1500 et 1700 chevaux.

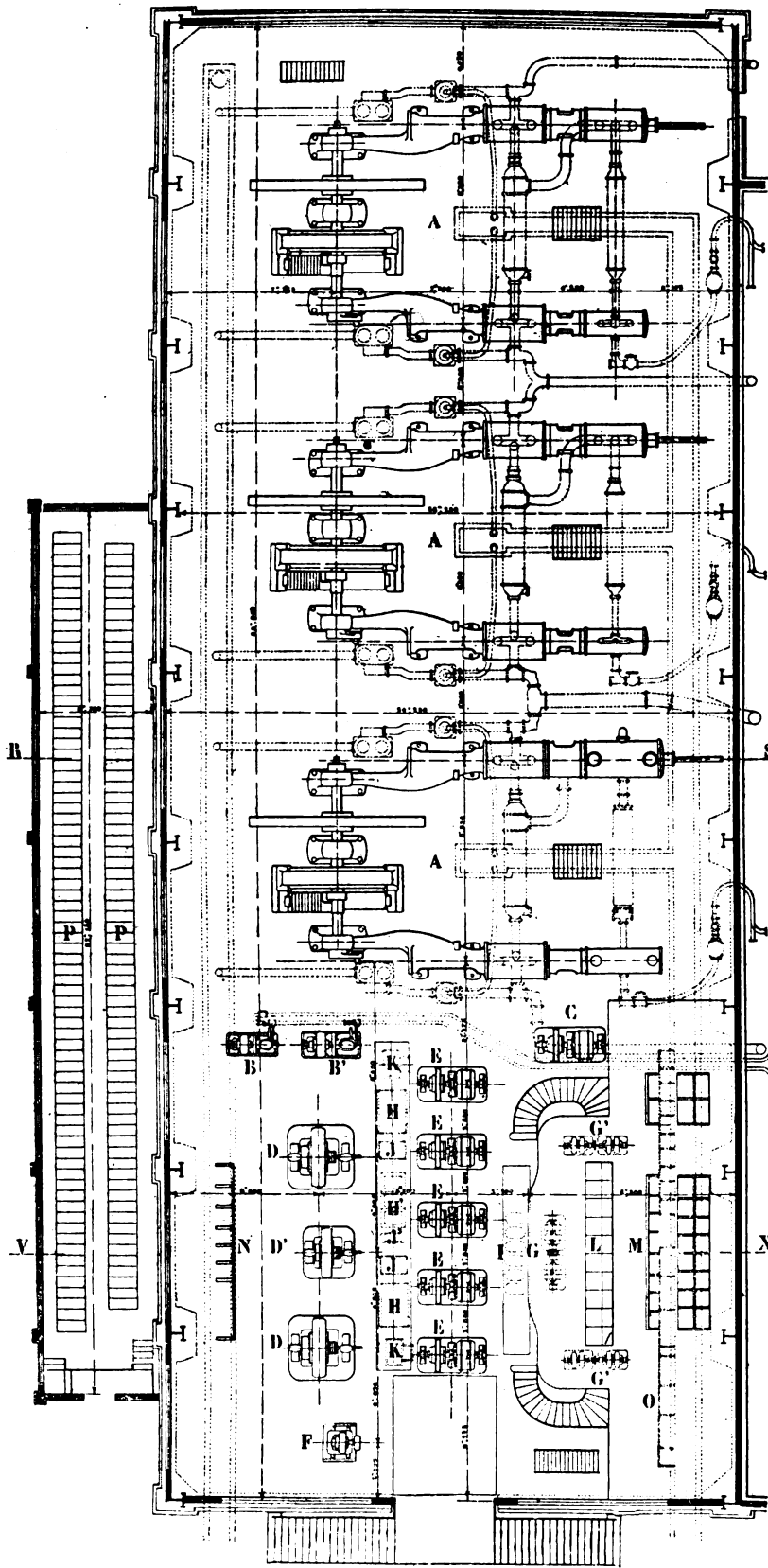
Alternateurs. — Chaque moteur à vapeur commande directement un alternateur triphasé à inducteur tournant 40 pôles, induit fixe fournissant en pleine charge une puissance de 1000 kilowatts sous une tension de 5500 volts ($\cos \varphi = 0,9$ environ). Les machines tournant à 75 t : m la fréquence est de 25 périodes. L'enroulement induit connecté en triangle comporte une encoche par pôle et par phase et 25 conducteurs par encoche. Les encoches sont ouvertes. Les épanouissements polaires sont profilés de façon à se rapprocher de la forme sinusoïdale pour la courbe de la force électromotrice.

Le diamètre d'alésage est de 3^m,556; l'entrefer a 8^{mm}. Les machines peuvent être surchargées de 25 pour 100 pendant 30 minutes et de 50 pour 100 pendant 5 minutes. La chute de tension est de 9,5 pour 100 environ, surcharge non inductive. Les machines ont une assez forte réaction d'induit : le courant de court-circuit est seulement de 2,2 fois le courant normal. L'induit peut être déplacé parallèlement pour les réparations à effectuer.

Excitatrices. — Il y a 3 groupes excitateurs :

Le premier est constitué par une machine pilon compound Boulte-Larbodière de 35 chevaux, accouplée directement à une génératrice 20 kilowatts 125 volts des établissements Pestel-Vinay. Vitesse 350 t : m.

Fig. 2.



Usine électrique d'Ivry. Vue en plan de la salle des machines et de la salle des accumulateurs.

A, Groupes électrogènes de 1000 kilowatts.

BB', Excitatrices à vapeur.

C, Excitatrice électrique.

DD', Convertisseurs rotatifs.

E, Moteurs générateurs.

F, Survolteur.

GG', Égalisatrices.

HH', Transformateurs 5500/370.

I, Transformateurs 5500/440.

JJ', Bobines de *self-induction*.

K, Ventilateurs.

L, Tableau des alternateurs.

M, Tableau des feeders à haute tension.

N, Tableau de traction.

O, Tableau d'éclairage.

P, Accumulateurs.

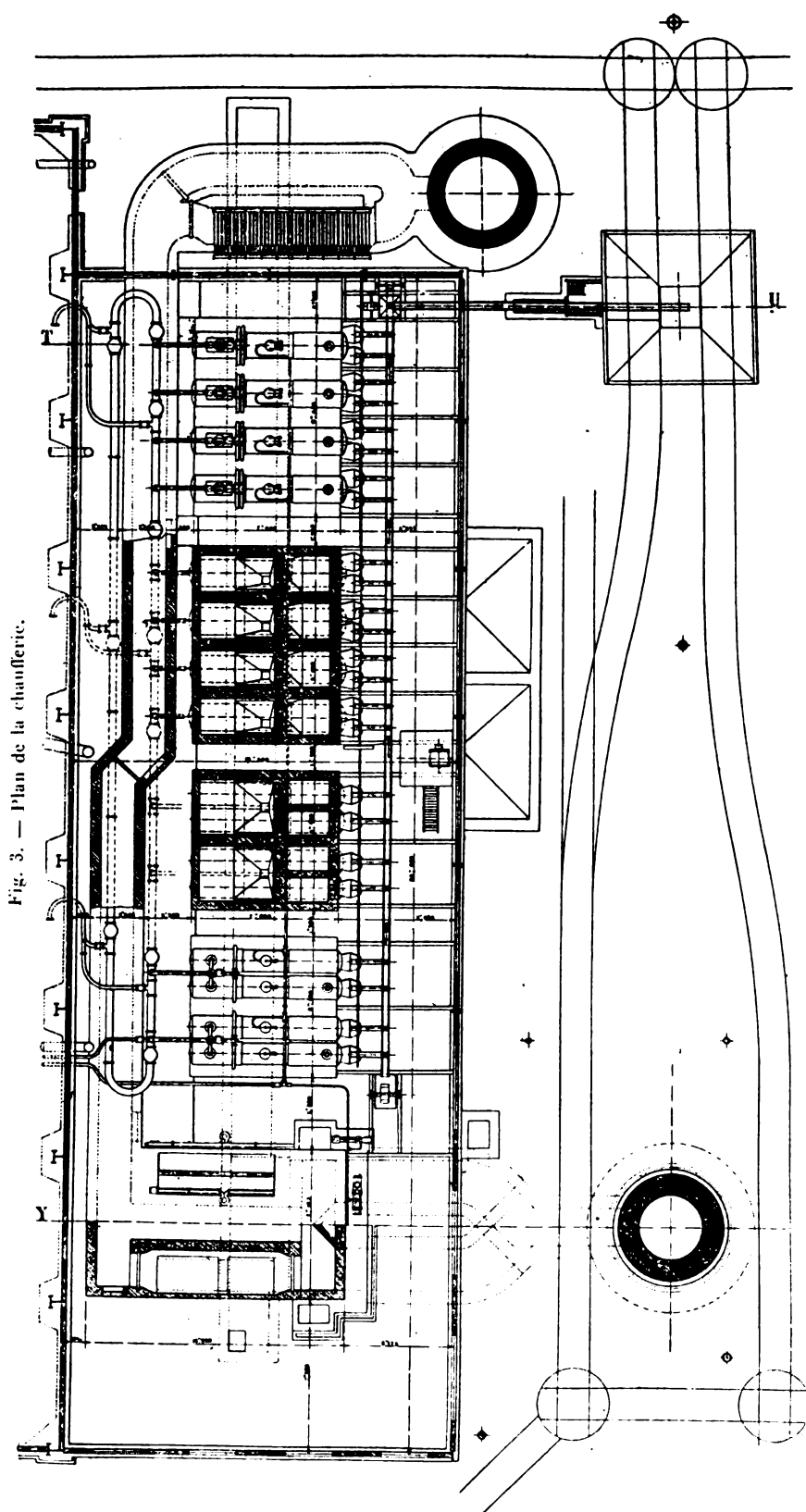


Fig. 3. — Plan de la chaufferie.

Le deuxième, par une machine à vapeur pilon compound de 70 chevaux du même constructeur, accouplée directement à une génératrice de 40 kilowatts 125 volts des établissements Postel-Vinay. Vitesse 350 t:m. — Ces machines fonctionnent à échappement libre.

Le troisième, par un groupe moteur générateur de la General Electric Co comportant un moteur synchrone triphasé, inducteur tétrapolaire tournant, de 100 kilowatts 5500 volts 500 t:m, accouplé à une génératrice 125 volts c. c. de puissance correspondante.

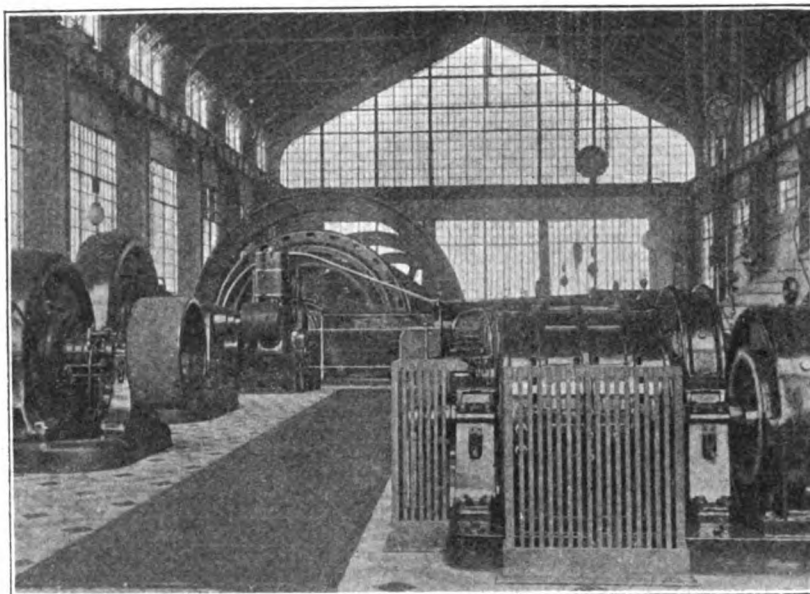
Le premier groupe suffit pour 1 générateur ; le deuxième pour 2 générateurs ; le troisième pour 3 générateurs. Le courant d'excitation de chaque alternateur traverse un rhéostat de réglage manœuvré depuis le panneau de cet alternateur, et placé sous la passerelle du tableau. La salle des machines est desservie par un pont roulant de 40 tonnes.

Chaufferie. — La chaufferie (fig. 3 et 5), complétée par l'addition de 4 nouveaux générateurs, en comprend actuellement 12 timbrés à 13^k, et répartis en 4 batteries. Les deux premiers groupes contiennent chacun 4 générateurs de 186^m de surface de chauffe et pouvant vaporiser de 2200^k à 2800^k de vapeur à l'heure. Les nouveaux générateurs, répartis en deux groupes, sont, de même que les anciens, du type multitubulaire de la maison Babcock et Wilcox. Chacun d'eux a 210^m de surface de chauffage et peut vaporiser de 2500^k à 3000^k de vapeur à l'heure. Tous les générateurs sont munis de surchauffeurs de 40^m environ de surface de chauffe. L'alimentation est assurée par les pompes commandées par les moteurs à vapeur. Elle peut être faite aussi par 4 pompes Worthington ou Blake à vapeur, pouvant débiter chacune 1200^l à l'heure.

Les foyers sont munis de chargeurs automatiques Bennis de Bolton (*fig. 6*) et de grilles à barreaux mobiles creux et soufflage de vapeur.

Les barreaux, au moyen d'une commande mécanique, reçoivent deux mouvements: 1° un mouvement général de déplacement de toute la grille

Fig. 4.

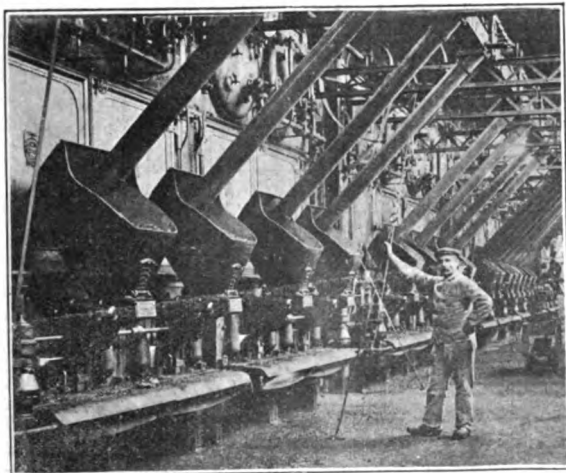


Vue de la salle des machines.

d'avant en arrière, mouvement par lequel tout le feu est entraîné vers le fond; 2° un mouvement

même recul, par suite de la cohésion existant dans la couche de charbon en combustion.

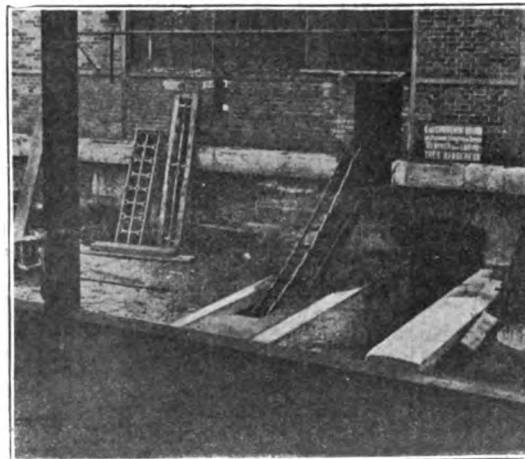
Fig. 5.



Vue générale de la chaufferie.

individuel qui les ramène isolément et successivement en arrière, sans que le feu subisse le

Fig. 6



Vue de la noria élevant le combustible.

De cette façon le charbon provenant d'une trémie placée en avant des générateurs est peu à peu à

peu étalé sur la grille en nappe régulière. Il est projeté de la trémie par la détente d'un ressort réglable.

Le combustible est lui-même amené mécaniquement aux chargeurs. Pour cela, déchargé-

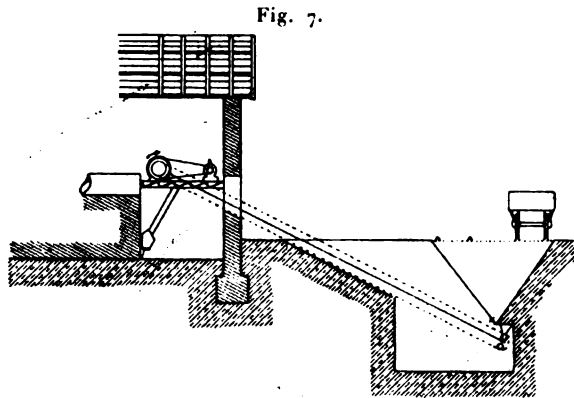


Schéma de l'ascension mécanique du combustible.

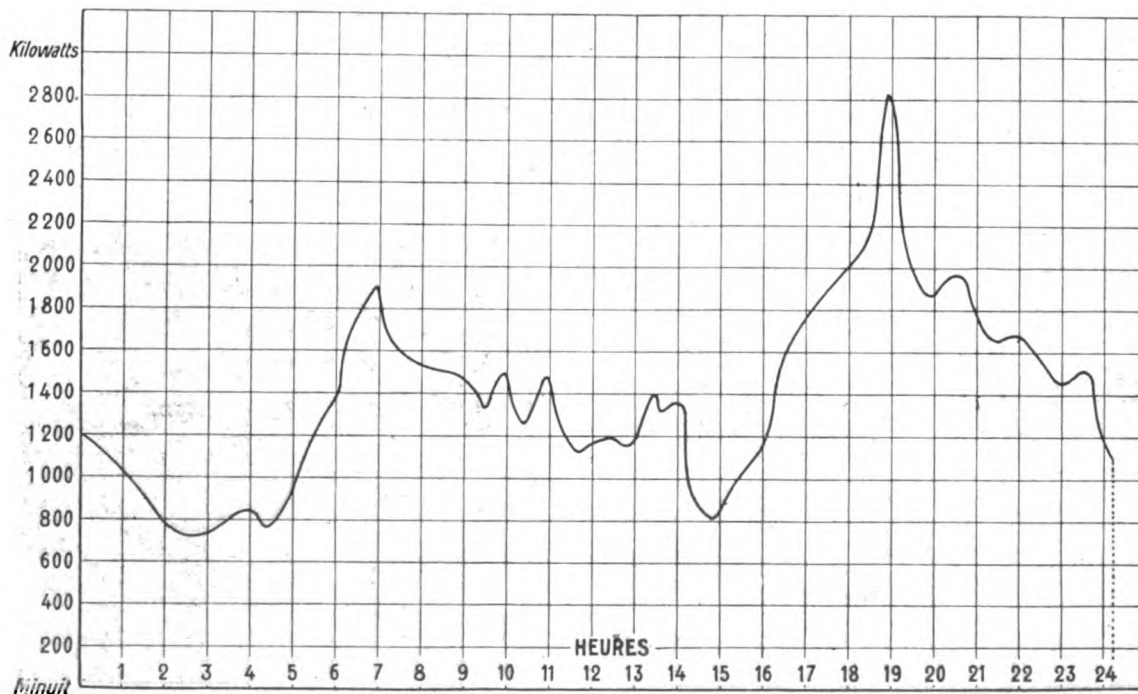
d'abord des wagons dans une trémie intérieure pourvue à sa partie supérieure d'une grille for-

mant tamis, il est élevé à l'aide d'une noria inclinée, constituée par une chaîne sans fin à maillons rectangulaires plats, circulant dans un couloir en bois, jusqu'à l'intérieur de la salle de chauffe ; là il est repris dans un transporteur horizontal formé d'une chaîne sans fin circulant dans un couloir en fonte. Des tubes en tôle, inclinés, munis de vannes le conduisent aux chargeurs Bennis (fig. 6 et 7).

L'enlèvement des escarbilles se fait aussi mécaniquement par un procédé tout à fait semblable. Les appareils élévateurs et transporteurs sont actionnés par des moteurs électriques de 12 HP environ. Les produits de la combustion sont évacués par deux cheminées de 80^m de hauteur et 2^m,50 de diamètre intérieur au sommet. Ils circulent auparavant autour d'économiseurs Green de 400^m et 450^m de surface de chauffe. La tuyauterie principale de vapeur est bouclée ; la prise d'alimentation de chaque moteur à vapeur comporte un sécheur et un détendeur.

L'eau nécessitée par la condensation provient d'une prise faite en Seine. Elle est élevée au

Fig. 8.



Usine électrique du pont de Tolbiac. Une courbe de charge.

moyen de deux pompes centrifuges commandées par courroie par deux moteurs triphasés asyn-

chrones, 60 chevaux, 750 t. m, 440 volts, dans deux bassins de 800^m de capacité d'où elle est

conduite par un aqueduc dans les puisards des condenseurs. Les transformateurs 5500-440 volts alimentant les moteurs sont reliés par canalisation aérienne à un panneau spécial du tableau général de distribution. Les moteurs actionnent également 2 pompes plus faibles refoulant l'eau dans des réservoirs supérieurs pour le service de la gare d'Ivry et du dépôt des machines.

MARCHE DE L'USINE. — Le service est assuré normalement par deux machines (alternateurs couplés en parallèle); la troisième machine sert de réserve. De 2^h à 5^h du matin et de 2^h à 3^h30^m de l'après-midi il n'y a qu'une machine en fonctionnement. Un roulement est établi entre les 3 groupes générateurs de façon que chacun d'eux fonctionne pendant 10 jours et reste arrêté pendant 5 jours.

La courbe (*fig. 8*) indique les variations journalières de la charge en novembre 1904. Elle s'applique à la production totale de l'usine.

Le combustible utilisé est un mélange de tout venant d'Anzin et de résidus de boîtes à fumée des locomotives dans la proportion de 2 pour 1 environ.

De chiffres publiés récemment par la Compagnie (1), il résulte que la production de l'usine d'Ivry en 1903, c'est-à-dire avant l'établissement des installations électriques du prolongement, a été de 4871317 kilowatts-heure de courant triphasé haute tension; sur cette production, 4739343 kilowatts-heure ont été envoyés aux sous-stations de transformation tandis que la différence, soit 131969, a été utilisée directement sous la forme triphasée. La consommation de combustible a été en moyenne de 1585^{kg} par kilowatt-heure de courant distribué (2), soit une production de 632 watts-heure par kilogramme du combustible défini plus haut.

(1) Paul DUBOIS, *Bulletin de la Commission internationale des chemins de fer*, novembre 1904; Weissenbruch, éditeur, Bruxelles.

(2) C'est-à-dire non compris la puissance employée à l'élévation de l'eau de Seine servant à la condensation.

(A suivre.)

P. BOURGUIGNON.

Ingénieur des Arts et Manufactures.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS (1).

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Alimentateur automatique, système Schönicke, pour chaudières à vapeur. (*Génie civil*, t. XLV, p. 396, 15 octobre 1904). — L'appareil, qui se monte au-dessus de la chaudière, se compose de deux récipients superposés communiquant entre eux par deux tubes; le récipient supérieur B reçoit l'eau d'alimentation qui passe ensuite dans A et, quand les deux récipients sont pleins, un flotteur ouvre une soupape fermant l'extrémité d'une conduite partant de la partie supérieure de la chaudière; la pression de la vapeur arrivant par cette conduite refoule l'eau de A dans la chaudière; le niveau baisse alors dans B, le flotteur ferme l'arrivée de vapeur et l'alimentation de la chaudière se trouve interrompue pendant que les deux récipients de l'appareil se remplissent à nouveau; le fonctionnement se continue jusqu'à

ce que le niveau de l'eau dans la chaudière soit assez élevé pour obturer l'extrémité de la conduite de vapeur qui alimente l'appareil. L'appareil fonctionne avec de l'eau chaude aussi bien qu'avec de l'eau froide; son emploi évite les inconvénients provenant de brusques injections d'eau en grande quantité, comme il arrive quand le chauffeur s'aperçoit que le niveau a baissé à l'excès; il en résulte en outre une économie de combustible.

Pompe centrifuge de Laval pour alimentation des chaudières. (*Revue industrielle*, t. XXXV, p. 404-405, 8 oct. 1904). — Cet appareil se trouve signalé incidemment dans une Conférence faite en juillet dernier au Congrès de la Société de l'Industrie minérale par M. Sosnowski, et où l'auteur insiste sur les avantages que présentent les pompes centrifuges pour l'élévation de l'eau à une grande hauteur, 100^m et plus (2); le rendement de ces appareils atteint et dépasse même 0,70

(1) L'Office des Renseignements techniques de l'Association amicale des Ingénieurs électriciens, 11, rue Saint-Lazare, Paris (IX^e), se charge de fournir aux lecteurs de *La Revue électrique* les textes et les traductions intégrales des articles en langue étrangère analysés ici.

Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (1^{re}). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes: BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

(2) Rappelons que la même question a été traitée par M. J. Rey devant la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale (voir *La Revue électrique*, t. I, p. 190, 20 mars 1904).

et se maintient au-dessus de 0,60 pour des débits variant entre de grandes limites. Ces pompes ont trouvé jusqu'ici leurs principales applications dans les entreprises de distribution d'eau et dans les mines, et ce sont ces applications qu'envisage particulièrement M. Sosnowski; mais elles conviennent également pour l'alimentation des chaudières. Une application de ce dernier genre a été faite, il y a un peu plus de deux ans, dans une usine de produits chimiques, à Krokum, en Suède: l'alimentation se fait avec de l'eau à 50° sous pression de 11 à 12 kg/cm² à l'aide d'une pompe centrifuge mue par un moteur électrique de 25 chevaux; le fonctionnement de cette installation ne demande aucune surveillance et donne la plus entière satisfaction. Ajoutons que les pompes centrifuges de Laval n'ont qu'un seul disque: la haute pression qu'elles sont capables de produire ne résulte pas du passage de l'eau dans plusieurs pompes disposées en cascade comme c'est le cas dans les pompes multicellulaires; elle provient de l'énorme vitesse angulaire de l'unique roue de la pompe, vitesse qui atteint 22000 t/m; ce qui permet de commander la pompe directement par des turbines de Laval sans engrenages de réduction.

Conditions de résistance des pistons des machines à vapeur, par C. CODRON, professeur à l'Institut industriel du Nord de la France. (*Revue de Mécanique*, t. XV, p. 238-256, 30 septembre 1904). — Suite d'une étude théorique dont le commencement a été publié dans les livraisons de novembre 1903 et avril 1904; l'auteur y considère spécialement les pistons coniques.

Sur les turbines à vapeur, par E. OVAZZA. (*L'Elettrocista*, t. XIII, p. 161, 1^{er} juin 1904). — L'auteur fait une discussion théorique des turbines à fluide élastique en indiquant comment ont été tournées les difficultés que présente l'emploi de la vapeur, les avantages obtenus en compensation et les inconvénients qui sont à craindre. G.

Condenseurs pour turbines à vapeur, par G.-I. ROCKFORD. Communication faite à la séance du 7 déc. de l'American Society of Mechanical Engineers (*St. Rail. Journ.*, t. XXIV, p. 1047, 10 déc.).

Le moteur à gaz Duplex et l'emploi du coke dans les gazogènes à aspiration, par A. LECOMTE. (Communication faite au Congrès de la Société technique de l'industrie du gaz, en juin 1904. *Revue industrielle*, t. XXXV, p. 408, 438 et 444, 22 et 29 octobre et 5 novembre 1904). — L'auteur décrit les essais qu'il a effectués sur un groupe installé dans les ateliers de M. Luchaire, ingénieur-constructeur à Paris, et formé d'un gazogène à aspiration et un moteur Duplex de 18 chevaux. Les essais des gaz ont montré que, dans des conditions d'ailleurs très différentes, le pouvoir calorifique des gaz est compris entre 1041 et 1218 calories par mètre cube, et présente par suite des variations d'environ 20 pour 100.

Le moteur a été spécialement étudié pour pallier à ces variations et les essais de consommation ont indiqué une dépense de 600^g à 650^g de coke par cheval-heure effectif.

Consommation des moteurs Diesel. (*Tramway and Railway World*, t. XVI, p. 552, 8 décembre). — Les moteurs Diesel, actuellement fort employés en Allemagne, commencent à se répandre en Angleterre où la puissance des moteurs de ce genre atteint aujourd'hui 4000 chevaux. Un de ces moteurs, d'une puissance de 50 kilowatts, a été installé en 1903 à la station des tramways de Rothesay; les essais faits sur ce moteur ont montré que la consommation d'huile de pétrole brute est de 400^g par kilowatt-heure électrique, ce qui met le prix du kilowatt-heure à environ 0^{fr},04, le pétrole coûtant 112^{fr} la tonne. — A ce propos, notre confrère publie le Tableau suivant, résultat de nombreux essais faits par M. H.-A. Clark, de Yorkshire College, et qui montre que le moteur Diesel peut, même pour les faibles puissances, lutter

avec le moteur à gaz et le moteur à vapeur:

	A	B	C
	fr	fr	fr
Moteur Diesel, 35 chevaux.....	17 625	5 825	0,059
» à gaz, 35 »	16 175	6 725	0,069
» vapeur, 35 »	21 250	8 750	0,089
Moteur Diesel, 80 chevaux.....	26 875	8 700	0,039
» à gaz, 80 »	28 550	11 650	0,052
» vapeur, 80 »	33 250	14 100	0,063
Moteur Diesel, 160 chevaux.....	47 900	14 550	0,032
» à gaz, 160 »	47 090	18 150	0,040
» vapeur, 160 »	49 440	22 175	0,049

Dans ce Tableau, la colonne A indique le prix d'établissement total de l'installation, machine et bâtiments; la colonne B, la dépense annuelle comprenant l'intérêt à 4 pour 100 du capital, son amortissement, les salaires, les dépenses de combustibles, celles-ci étant évaluées en comptant le pétrole brut à 56^{fr} la tonne, l'anthracite pour gazogène à 30^{fr} la tonne et le charbon pour chaudière à 15^{fr},50 la tonne; la colonne C indique le prix de revient global du kilowatt-heure.

Procédé de préparation d'électrodes dont la matière active est traversée par des canaux, par la PRÜGER ACCUMULATOREN-WERKE AKTIENGESellschaft. Brevet allemand 153 098 du 30 octobre 1903. (*Centralblatt f. Accumulatoren*, t. V, p. 172, 1^{er} août 1904). — Ce brevet est identique au brevet français qui a été précédemment analysé ici (voir *La Revue électrique*, t. II, p. 16, 15 juillet 1904).

L. J.

La combinaison des usines d'incinération des ordures et des usines génératrices d'électricité, par W.-P. ADAMS. Communication faite le 15 décembre à l'Institution of Electrical Engineers (*Electrician*, t. LIV, p. 348-351, 387-391 et 423-425, 16, 24 et 30 décembre). — On sait qu'en Angleterre la destruction des ordures par incinération est aujourd'hui fort répandue et que dans beaucoup de villes on a utilisé la chaleur résultant de cette combustion pour la production de l'électricité. Mais les avis sont fort partagés sur le fait de savoir si cette combinaison des deux services est économique ou non, et comme le plus souvent il est impossible de séparer nettement les dépenses afférentes à l'un ou l'autre service, adversaires et partisans de cette combinaison trouvent les uns et les autres dans les comptes financiers des municipalités des arguments en faveur de la thèse qu'ils défendent. L'enquête faite par M. Adams et dont les résultats sont exposés dans sa longue Communication, paraît avoir été pourvue avec la plus grande impartialité et, quoique ses conclusions aient été déjà critiquées par les partisans de la séparation des deux services, il nous semble intéressant de les reproduire intégralement : — Les résultats remarquables obtenus dans quelques entreprises, et que montrent les nombreuses courbes publiées dans ce Mémoire, rendent évidents les grands progrès qui ont été faits dans la question de l'incinération des ordures depuis que cette question a été abordée. — Ils indiquent cependant que des perfectionnements sont encore possibles : en apportant une plus grande attention aux détails de construction des fours et de l'organisation générale de l'usine; en améliorant les procédés de manipulation et de combustion des ordures; en utilisant mieux la vapeur produite et en cherchant un type économique de soufflerie. — Dans certaines conditions il y a, sans aucun doute, économie à combiner l'usine électrique avec l'usine d'incinération; toutefois, par suite du pouvoir calorifique très variable des ordures suivant les villes et par suite aussi de circonstances locales,

chaque cas doit être soumis à une enquête sévère et impartiale. — Les procédés de comptabilité, nombreux et souvent défectueux, actuellement adoptés doivent être uniformisés et rendus aptes à donner une situation financière exacte de l'un et de l'autre service.

L'usine hydraulique de la Toronto and Niagara Power Co. (*Electrical World and Engineer*, t. XLIV, p. 1041, 17 déc. 1904). — Cet article donne quelques renseignements sur la disposition de cette usine, actuellement en construction. Rappelons à ce propos que, ainsi que nous l'indiquions récemment (*Revue électrique*, t. II, p. 387, 15 nov. 1904), cinq usines génératrices utiliseront bientôt la force motrice des chutes du Niagara : deux qui sont situées sur la rive droite, appartenant aux États-Unis, et sont actuellement en exploitation, et trois que l'on érige sur la rive canadienne. L'une de ces dernières usines, celle de la Canadian Niagara Power Co, disposera très prochainement de 50 000 chevaux ; elle est située en amont de la chute et l'eau, ayant traversé ses turbines, est évacuée par un canal souterrain qui suit la berge et vient déboucher un peu en aval de la chute. La seconde usine, appartenant à l'Ontario Power Co, est, au contraire, située en aval de la chute, un peu au-dessous de l'orifice du canal de décharge de la précédente usine ; l'eau lui sera amenée par des conduites forcées prenant l'eau en amont des rapides qui précèdent la chute, disposition qui permettra d'utiliser une hauteur d'eau d'environ 15^m plus grande que celle dont dispose la première usine. Quant à la troisième usine canadienne, elle est située en amont des chutes, au-dessous de la prise d'eau de l'usine de l'Ontario Power Co et un peu en dessous de l'usine de la Canadian Niagara Power Co. Cette troisième usine, longue de 150^m, large de 21^m et haute de 12^m, contiendra 11 groupes électrogènes de 10 000 chevaux ; le puits des turbines, actuellement presque terminé, mesure 125^m de longueur, 6^m, 60 de largeur et 45^m de profondeur ; 11 conduites, de 3^m, 15 de diamètre, amèneront l'eau aux 11 turbines placées au fond du puits ; deux galeries creusées latéralement recevront respectivement l'eau d'évacuation de 5 et de 6 turbines ; à 50^m au delà du puits, ces deux galeries débouchent dans un tunnel de 7^m de large, 8^m, 85 de hauteur et d'environ 600^m de long, creusé sous le Niagara et débouchant au pied même de la chute. Les deux galeries de décharge creusées latéralement au puits des turbines permettront de maintenir à sec le fond de ce puits et, par suite, de rendre plus commode la surveillance des organes installés dans le puits ; en outre, ces deux galeries étant munies de vannes, il sera possible d'isoler complètement et de réparer 5 ou 6 des unités génératrices pendant que les 6 ou 5 autres continueront à fonctionner. D'autre part, la grande section donnée au tunnel de décharge permettra l'évacuation de l'eau sans que celle-ci le remplisse tout entier, même lors du plein fonctionnement de l'usine, de sorte qu'il sera possible d'établir sur toute sa longueur une passerelle métallique permettant l'inspection facile de l'état de ses parois. — Les alternateurs, fournis par la General Electric Co, donneront des courants triphasés à 60 périodes et à 12 000 volts. Une partie de la puissance sera utilisée sous cette tension pour alimenter des usines avoisinantes ; la majeure partie sera transmise, sous une tension plus élevée mais non encore fixée, jusqu'à Toronto, situé à 135^{km}.

L'utilisation à Buffalo de l'énergie des chutes du Niagara. (*Elect. Wo. a. Eng.*, t. XLIV, p. 933-936 et 987-993, 3 et 10 déc.).

BREVETS RÉCENTS.

Machines génératrices : BERNE. BF. 346 306, 17 sept. 1904 (procédé de fabrication pour les balais de charbon mélange

à de la poudre de cuivre ou autre métal). — BRAGSTAD et LA COUR. USAP. 772 400, 13 juin 1903 (machine électrique). — BURBOA. USAP. 776 997, 13 août 1903 (machine statique). — CANIVET et LEGROS. BF. 339 197, 30 nov. 1903 (générateur électrique). — DEUTSCH. USAP. 776 223, 30 avril 1903 (dispositif pour contrôler le voltage des machines génératrices). — ELEKTRIZITAETS A.-G. et LAHMEYER. BF. 346 457, 24 sept. 1904 (montages pour machines à courants alternatifs monophasés ou polyphasés). — ELSERS. BP. 19 998, 1904 (collecteur pour génératrice). — EMMERICH. BP. 653, 1904 (carter pour dynamos). — FINZI. BF. 346 532, 12 sept. 1904 (inducteurs pour machines à courant continu et à courant alternatif monophasé). — GENERAL ELECTRIC CO. BP. 25 858 et 27 894, 1903 (enroulement pour dynamo et dynamo électrique). — HERZ. DRP. 157 152, 6 mars 1904 (machine d'induction à aimants permanents). — JACKSON. USAP. 774 943, 20 janvier 1904 (dispositif pour déplacer les inducteurs d'un alternateur). — KOHN. DRP. 157 526, 19 juin 1903 (réglage automatique de tension par l'adjonction de volants aux génératrices). — LEBLANC. BP. 2093, 1904 (excitation de machines à induction). — MARTIN, LOWSON et SAYERS. BP. 22 053, 1903 (dynamo). — MICHEL. DRP. 157 305, 30 déc. 1903 (réglage automatique des génératrices à courant continu avec inducteur et induit tournant en sens opposés). — MOUREL-MAILLARD. BF. 346 339, 21 sept. 1904 (groupe électrogène). — REIST. USAP. 775 857, 18 mai 1903 (machine dynamo-électrique). — SCHWARTZKOPFF (Société Berliner M. A. G. v.). BF. 346 206, 13 sept. 1904 (machine mono ou polyphasée avec champ tournant excitateur produit par le courant alternatif). — SCOTT. USAP. 774 954, 774 955 et 774 956, 16 sept. 1903 et 30 juin 1904 (méthode pour déplacer les inducteurs des machines dynamo-électriques). — SOCIÉTÉ ELEKTRIZITAETS A. G. HAPTUNG. BF. 346 468, 24 sept. 1904 (dispositif applicable aux machines électriques pour conserver les collecteurs). — STRONG. USAP. 775 869 et 775 870, 23 mai 1904 (appareil portatif pour hautes fréquences). — WESTINGHOUSE. DRP. 157 378, 6 mars 1903 (machine asynchrone à courant alternatif auto-excitatrice). — WRIGHT et MIDGLEY. BP. 27 506, 1903 (dynamo). — ZANI. BP. 24 129, 1903 (construction d'alternateurs).

Machines transformatrices : DELVES, BROUGHTON et COLERS. BP. 25 591, 1903 (bobine d'induction). — EICHBORN. DRP. 157 056, 20 déc. 1903 (dispositif pour la production d'oscillations électriques). — FAGET. BF. 339 195, 30 nov. 1903 (appareil pour la transformation de courants alternatifs de tension et fréquence constantes en courant continu de tension variable à volonté). — FARLEY. USAP. 776 653 et 776 654, 16 mars 1904 (bobine d'induction). — FORTESCUE. BF. 346 418, 22 sept. 1904 (noyaux pour transformateurs). — BP. 19 999, 1904 (transformateur). — FRANK. USAP. 771 238, 6 fév. 1904 (transformateur). — JONE. USAP. 775 173, 18 nov. 1901 (transformation directe de l'énergie du charbon en énergie électrique). — SIEMENS et HALSKE. DRP. 157 417, 30 déc. 1903 (bobines). — THOMAS. USAP. 776 563, 776 564 et 776 565, 4 février et 6 mai 1903 (redresseur). — VARLEY. USAP. 776 705, 30 déc. 1903 (bobine d'induction). — WATERS. USAP. 776 001, 18 août 1904 (transformateur).

Accumulateurs : DIAMANT. DRP. 157 193, 26 mars 1903 (production électrolytique du peroxyde de plomb). — EDISON. DRP. 157 290, 6 février 1901 (accumulateur à électrolyte alcalin inaltérable). — FAIRWEATHER. BP. 8365, 1904 (accumulateur). — JACKSON. USAP. 772 415, 4 mars 1904 (support de batterie). — JUNGNER. BF. 346 380, 20 sept. 1904 (électrodes pour accumulateurs). — MEYGRET. USAP. 776 180, 29 juin 1903 (enveloppe protectrice pour plaques d'accumulateurs). — WEDEKING. BF. 364 114, 22 août 1904 (vase en métal pour éléments d'accumulateurs avec parois formant support pour la matière active).

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Théorie de l'échauffement des câbles, par J. TEICHMULLER, de Carlsruhe. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 933, 3 novembre 1904).

La Commission des câbles et conducteurs de l'Association allemande *Verbandes deutscher Elektrotechniker*, de Cassel, a présenté dans sa dernière assemblée annuelle un Tableau (1) indiquant, pour les câbles à courant continu placés simplement en terre, l'intensité maximum permise en fonction de la section en supposant une élévation de température de l'âme du câble ne dépassant pas 25° C. Les valeurs indiquées dans ce Tableau se rapportent à une profondeur d'enfouissement de 70^{cm}.

Avec ce Tableau était donnée la formule empirique suivante :

$$(1) \quad I = C \sqrt{\frac{s \cdot t}{\log \frac{4t}{d}}},$$

dans laquelle I est l'intensité du courant, C une constante trouvée égale à 11,55 d'après de nombreuses expériences, s la section de l'âme en cuivre en millimètres carrés, t l'élévation de température de l'âme du câble (ici 25° C.), l la profondeur d'enfouissement, d le diamètre de l'âme en cuivre, ces deux dernières valeurs étant exprimées par les mêmes unités.

Dans l'article qui nous occupe, l'auteur entreprend de nouveau l'étude de la question, mais en partant des données théoriques. Appliquant les lois de la propagation de la chaleur et faisant quelques hypothèses simplificatives, il arrive (2) à la formule

$$(16) \quad I = C \sqrt{\frac{s \tau}{\log \left[\left(\frac{h D_a}{D_i} \right)^{m-1} h \frac{4t}{D_i} \right]}},$$

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 464, 2 juin 1904.

(2) On sait que la loi de Fourier, analogue à la loi d'Ohm pour l'électricité, indique que la quantité de chaleur W passant pendant l'unité de temps à travers une section déterminée est proportionnelle à la différence de température et inversement proportionnelle à la résistance calorifique comprise entre les surfaces isothermes entre lesquelles on mesure la différence de température. Si ces deux surfaces sont des cylindres concentriques de longueur 1^m et de diamètre D_i et D_a (intérieur et extérieur), il est facile de démontrer qu'on a, d'après la loi de Fourier,

$$(2) \quad W = \frac{t_i - t_a}{\frac{\sigma}{2\pi} \log \frac{D_a}{D_i}},$$

en appelant t_i la température du cylindre intérieur, t_a celle du cylindre extérieur et σ la résistance calorifique spécifique. Le dénominateur peut être appelé la *résistance calorifique*.

Si le courant calorifique traverse plusieurs résistances en

dans laquelle D_i et D_a sont respectivement les diamètres de l'âme et de l'enveloppe du câble, h un

tension, on a pour la ^{vième}

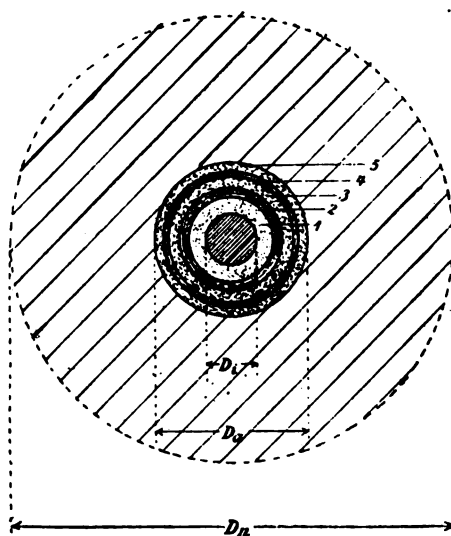
$$W = \frac{\tau_v}{\delta_v},$$

en appelant δ , la résistance considérée et τ , la différence de température entre ses surfaces isothermiques extrêmes. Pour le système entier ayant comme températures extrêmes t_i et t_a on aura

$$(3) \quad W = \frac{\sum \tau}{\sum \delta} = \frac{t_i - t_a}{\delta_1 + \delta_2 + \dots}$$

Soit un câble représenté en figure 1 et dans lequel D_i est

Fig. 1.



le diamètre du conducteur en cuivre, 1 l'isolant, 2 l'enveloppe en plomb, 3 le recouvrement intérieur en jute, 4 l'armature en fer, 5 l'enveloppe extérieure en jute. La couche hachurée représente la couche de terre enveloppante. De cette dernière enveloppe la chaleur passe à l'air extérieur. Pour déterminer cette quantité de chaleur, on peut appliquer la loi de Newton, car la différence de température $t_a - t_u$, t_u étant la température de l'air extérieur, est petite. Cette quantité de chaleur passant pendant l'unité de temps est proportionnelle à la surface du corps chaud et à la différence de température. En appelant H_n la quantité de chaleur passant pendant l'unité de temps à travers une surface de 1^{cm} pour une différence de température de 1°, on a pour un câble de 1^m de longueur

$$(4) \quad W = \pi D_n (t_a - t_u) H_n.$$

Par l'addition des différences de température données par (3) et (4) et en remplaçant δ par les valeurs de l'équation (2), on obtient

$$(5) \quad \tau = t_i - t_a = \frac{W}{2\pi} \left(\sigma_1 \log \frac{D_1}{D_i} + \sigma_2 \log \frac{D_2}{D_1} + \dots + \sigma_n \log \frac{D_n}{D_a} + \frac{2}{D_n H_n} \right),$$

équation qui donne l'élévation de température du câble sur

facteur dépendant des diamètres des diverses couches métalliques et isolantes formant le câble, m le rap-

port des résistances calorifiques des isolants du câble et du sol, τ la différence des températures de

la température ambiante. Dès que l'équilibre est atteint, la quantité de chaleur est celle apportée pendant l'unité de temps par le courant, soit

$$(6) \quad W = 0,24 \frac{I^2}{s} \rho_c,$$

I étant l'intensité du courant en ampères, s la section du cuivre en centimètres carrés et ρ_c la résistivité du cuivre à l'élévation de température τ .

En combinant les deux dernières équations, on obtient

$$(7) \quad I = \sqrt{\frac{2\pi}{0,24 \rho_c} \frac{s\tau}{\dots}}.$$

L'expression entre parenthèses peut se décomposer en trois

parties :

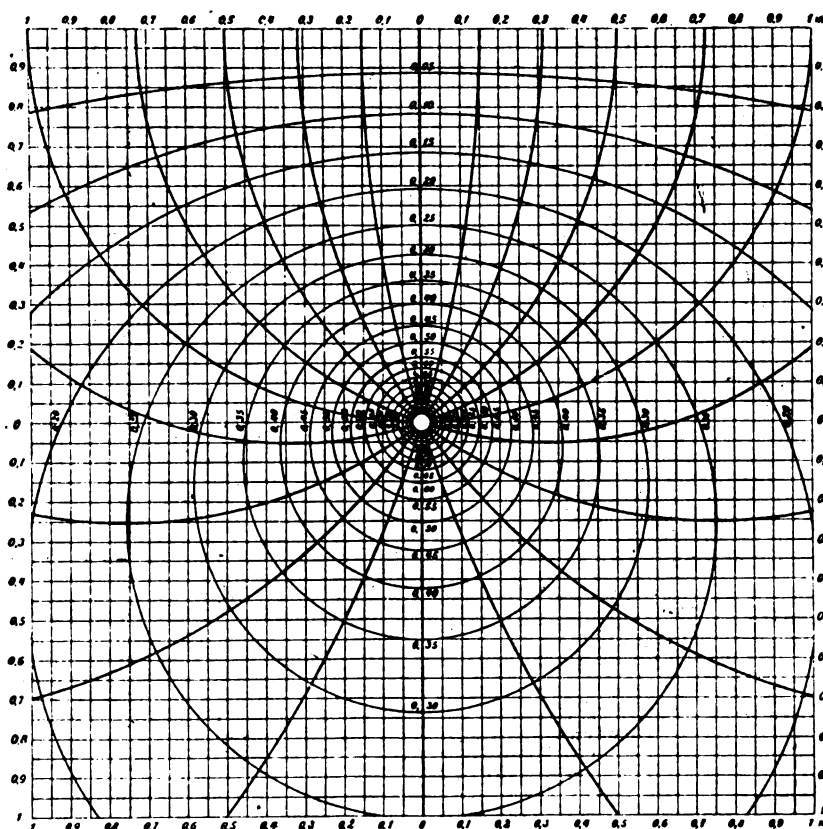
$$2\pi\delta_k = \sigma_1 \log_{\text{nép}} \frac{D_1}{D_i} + \sigma_2 \log_{\text{nép}} \frac{D_2}{D_1} + \dots + \sigma_n \log_{\text{nép}} \frac{D_n}{D_{n-1}},$$

$$2\pi\delta_n = \sigma_n \log_{\text{nép}} \frac{D_n}{D_a}$$

$$2\pi\delta_u = \frac{2}{D_n \Pi_n}.$$

δ_k est la résistance calorifique totale du câble. Deux suppositions peuvent être faites : 1° on peut admettre que la résistance spécifique calorifique des métaux est négligeable, ce qui donne $\sigma_2 = \sigma_4 = 0$; 2° on peut admettre que l'isolant 1 a la même résistance spécifique calorifique que les enveloppes de jute, de sorte que $\sigma_1 = \sigma_3 = \sigma_5 = \dots = \sigma_n$.

Fig. 2.



Il en résulte l'égalité suivante :

$$2\pi\delta_k = \sigma_k \left(\log_{\text{nép}} \frac{D_1}{D_i} + \log_{\text{nép}} \frac{D_2}{D_1} + \log_{\text{nép}} \frac{D_n}{D_{n-1}} \right)$$

ou

$$(8) \quad 2\pi\delta_k = \sigma_k \log_{\text{nép}} \frac{D_a}{D_i},$$

dans laquelle $D_a = h D_i$, c'est-à-dire représente le diamètre

réduit du câble, le facteur de réduction étant

$$(9) \quad h = \frac{D_1}{D_2} \frac{D_3}{D_4},$$

que l'on obtient facilement par la mesure du câble. Pour des câbles normaux on a $h = 0,7$ pour $s = 16 \text{ mm}^2$ et $h = 0,83$ pour $s = 1000 \text{ mm}^2$.

Pour la résistance calorifique du sol, il convient d'intro-

l'âme et de l'air ambiant, C une constante ayant pour valeur 16,84.

Cette équation diffère de celle (1) donnée par l'Association des Électrotechniciens allemands par l'introduction du terme $\left(\frac{h D_a}{D_i}\right)^{m-1} h$.

Si l'on calcule ce terme pour $s = 16 \text{ mm}^2$, $D_a = 23 \text{ mm}$, $D_i = 6 \text{ mm}$, $h = 0,7$, on trouve en prenant pour σ_k la valeur $\frac{750}{0,24}$ indiquée par Kennelly et $m = 15$

$$\left(\frac{0,7 \cdot 23}{6,4}\right)^{14} \cdot 0,7 = 281500.$$

En prenant pour σ_k la valeur $\frac{550}{0,24}$ indiquée par Herzog et Feldmann, la valeur du terme précédent devient égale à 71000.

Pour un câble de 1000 mm^2 , $D_a = 67 \text{ mm}$, $D_i = 41 \text{ mm}$, $h = 0,83$, on aurait de même respectivement les valeurs 51,65 et 15,87.

Le terme en question baisse donc très rapidement lorsque croît la section.

Afin de déterminer le Tableau des intensités per-

duire une autre expression. La limite entre le sol et l'air est, en effet, un plan auquel aboutissent les lignes de courant calorifique venant du câble. Si le rapport entre la profondeur d'enfouissement et le rayon du câble est suffisamment grand, la surface du sol peut être considérée comme une surface isotherme. Les lignes de courant calorifique sont par conséquent des arcs de cercle dont les centres sont situés sur la surface du sol. Les surfaces isothermes, normales à ces lignes, sont donc des cylindres dont les axes s'abaissent de plus en plus. Une représentation de ces lignes de courant et des traces des surfaces isothermes est donnée par la figure 2. Les nombres qui accompagnent les isothermes expriment l'élévation de température par rapport à l'élévation totale τ . La résistance calorifique $\hat{z}_n$ se calcule d'après

$$(10) \quad \hat{z}_n = \frac{1}{2\pi} \sigma_n \log_{\text{nép}} (n + \sqrt{n^2 - 1}),$$

en appelant n le rapport entre la profondeur d'enfouissement et le rayon du câble, c'est-à-dire en posant

$$(11) \quad n = \frac{D}{D_a},$$

D étant le double de la profondeur d'enfouissement.

En pratique, n est suffisamment grand. Ainsi, pour un câble de 1000 mm^2 de section ($D_a = 67 \text{ mm}$), on a

$$n = \frac{140}{6,7} > 20$$

pour une profondeur d'enfouissement de 70 cm . L'expression (10) devient alors

$$(12) \quad 2\pi \hat{z}_n = \sigma_n \log_{\text{nép}} 2n = \sigma_n \log_{\text{nép}} \frac{2D}{D_a}.$$

En ce qui concerne la résistance de passage à l'air, on peut la négliger, car D_n et H_n qui figurent au dénominateur sont grands. Il s'agit en effet du passage de chaleur d'une

misés pour les différentes sections, il est plus commode de mettre l'équation précédente sous la forme

$$(17) \quad I = \frac{c}{\sqrt{\rho \tau \sigma_n \tau}} \sqrt{\frac{s \tau}{m \log \frac{D_a'}{D_i} + \log \frac{4l}{D_a}}},$$

c étant une constante de valeur $\sqrt{\frac{628,3}{2,3026}} = 16,52$;
 $\rho \tau$ est la résistivité du métal pour l'élévation de température 25° au-dessus de l'ambiante 15°

$$\rho \tau = 0,01925;$$

$\sigma_n \tau$ est la résistance calorifique spécifique du sol pour l'élévation de température τ . On a

$$\sigma_n \tau = 0,24 \sigma_n = 50;$$

s la section du conducteur en millimètres carrés;
 τ l'élévation de température permise;

surface rugueuse à l'air agité. On peut donc poser

$$(13) \quad 2\pi \hat{z}_n = 0.$$

D'après ces diverses suppositions, l'expression qui figure au dénominateur de (7) devient

$$\{ \dots \} = \sigma_i \log_{\text{nép}} \frac{D_a'}{D_i} + \sigma_n \log_{\text{nép}} \frac{2D_n}{D_a},$$

dans laquelle on peut poser

$$(14) \quad \sigma_i = m \sigma_n,$$

m étant le rapport des résistances calorifiques spécifiques du câble (de l'isolant) et du sol. En passant aux logarithmes ordinaires, il vient

$$\{ \dots \} = \sigma_n \cdot 2,3026 \left(m \log \frac{D_a'}{D_i} + \log \frac{2D_n}{D_a} \right),$$

soit encore, en posant $h D_n = D_n'$ et en remplaçant dans l'équation (7)

$$(15) \quad I = \sqrt{\frac{2\pi}{0,24 \cdot 2,3026 \cdot \sigma_n}} \sqrt{\frac{s \tau}{\log \left[\left(\frac{D_a'}{D_i} \right)^{m-1} \frac{2D_n'}{D_i} \right]}}.$$

La première racine ne contient que des constantes numériques. On la détermine facilement en supposant une élévation permise de température $\tau = 25^\circ \text{ C.}$ et, d'après Kennelly, une valeur de $\sigma_n = \frac{50}{0,24}$; la valeur de $\rho \tau$ devient $1,925 \cdot 10^{-6} \text{ ohm}$ et la première racine donne comme valeur

$$C' = 168,4.$$

En exprimant s en millimètres carrés et en plaçant $l = 0,5 D_n$, l étant la profondeur d'enfouissement, on a

$$(16) \quad I = C \sqrt{\frac{s \tau}{\log \left[\left(\frac{D_a'}{D_i} \right)^{m-1} h \frac{4l}{D_i} \right]}},$$

dans laquelle $C = 16,84$.

m le rapport ci-dessus défini, de valeur 15 ou 11 ;
 $D_a = h D_c$ le diamètre réduit du câble en millimètres ;
 l la profondeur d'enfouissement en millimètres.

Le Tableau suivant indique les valeurs comparatives obtenues d'après l'équation (17), en faisant $m = 15$ ou $m = 11$, et d'après l'équation empirique (1) :

Intensité maximum permise pour des câbles à courant continu jusqu'à 700 volts, enfouis à 70^{cm} et devant présenter une élévation de température de 15° C.

s.	D_c	D_a	h.	INTENSITÉ MAXIMUM I			DIFFÉRENCES AVEC I_0 en pour 100	
				$m = 15$ I_1	$m = 11$ I_2	d'après l'équation (1) I_0	I_1	I_2
mm ²	mm	mm		amp	amp	amp		
16	6,4	23	0,7	118	132	140	-15,7	-5,7
25	6,9	24	0,7	150	167	175	-14,3	-4,6
35	8,3	25	0,7	188	209	215	-12,5	-3,8
50	9,8	29	0,71	228	253	260	-12,3	-2,7
70	11,5	31	0,71	283	313	315	-9,8	-0,6
95	13,0	32	0,73	342	377	370	-7,6	-1,9
120	14,6	35	0,73	391	431	420	-6,9	+2,6
150	16,3	37	0,74	450	494	475	-5,3	-4,0
185	18,5	40	0,76	508	557	530	-4,2	+5,1
240	20,8	43	0,77	593	649	615	-3,6	-5,5
310	23,2	46	0,78	689	754	705	-2,3	-7,0
400	26,3	49	0,79	814	887	810	+0,5	+9,5
500	29,5	54	0,80	919	1001	920	+0,1	+8,8
625	32,9	58	0,815	1041	1134	1040	+0,1	+9,0
800	37,1	63	0,82	1221	1325	1190	+2,6	+11,3
1000	41,4	67	0,83	1414	1529	1350	+4,7	+13,3

L'accord entre ces différentes valeurs est satisfaisant, surtout si l'on songe aux différentes hypothèses que l'on a dû faire pour l'établissement de la formule théorique. Pour contrôler ces hypothèses l'auteur indique comme intéressants à effectuer les essais suivants :

1° Mesurer la résistance calorifique spécifique de l'isolant et des enveloppes, et sa variation avec la température ;

2° Mesurer la résistance calorifique spécifique des matières qui constituent le sol dans les différentes conditions ;

3° Mesurer l'élévation de température de la surface du sol par rapport à la température ambiante sous différentes conditions et, par conséquent :

4° Rechercher si la circonstance que la surface du sol n'est pas une surface isotherme peut exercer une influence importante sur le caractère de la fonction $I = f(s)$.

Pour les câbles à plusieurs conducteurs, l'établissement théorique de la formule présente des difficultés lorsque les câbles sont toronnés.

Pour des câbles concentriques, on obtient

$$(18) \quad I = \frac{1}{\sqrt{Z\lambda}} I_{\text{uniqu}},$$

en appelant :

I l'intensité de courant permise dans un conducteur, Z le nombre des conducteurs (d'égale section),

I_{uniqu} le courant permis dans un câble unique dans les mêmes circonstances et pour la même élévation de température,

λ un facteur dépendant des mesures du câble.

Pour un câble ordinaire à deux conducteurs (concentrique), on a $\lambda = 0,92$; pour un câble à trois conducteurs (biconcentrique), $\lambda = 0,77$. Il en résulte que l'on a

$$I_{\text{conc}} = 0,74 I_{\text{uniqu}}$$

et

$$I_{\text{biconc}} = 0,66 I_{\text{uniqu}}.$$

L. JUMAU.

La rigidité diélectrique de quelques échantillons de mica, par E. et W.-H. WILSON. (*Electrician*, t. LIV, p. 356, 16 déc.).

Distribution de l'énergie électrique dans les Galles du Sud. (*Electrician*, t. LIV, p. 247-254 et 300-303, 2 et 9 déc.). — Description, illustrée de 21 figures, de quatre importants réseaux de distribution de force motrice qui seront peu à peu raccordés et desserviront alors une étendue d'environ 2500 km².

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Indicateur électrique de niveau d'eau. (*Génie civil*, t. XLVI, p. 15, 5 novembre 1904, d'après *Zeitsch. des Oesterr. Ing.-Vereines*, 7 octobre). — Cet indicateur est de construction très simple. Il se compose d'un flotteur, qui, au moyen de cordelettes et de poulies, fait monter ou descendre un levier horizontal portant un ergot appuyant sur un cylindre vertical dont la surface présente des creux et des pleins correspondant aux signaux Morse. Le cylindre et le levier sont connectés aux deux extrémités d'une ligne aboutissant à un récepteur Morse. Quand le cylindre tourne, des signaux sont lancés dans la ligne et sont inscrits sur le récepteur; comme la nature de ces signaux diffère suivant que la position occupée par le levier est plus ou moins élevée, l'examen des signaux transmis permet de connaître cette position et par suite celle du flotteur.

Commutation dans les moteurs à courant alternatif simple au démarrage, par MARIUS LATOUR. (*Elect. World a. Eng.*, t. XLIV, p. 930-931, 3 déc.).

BREVETS RÉCENTS.

Moteurs : BAUMANN. BF. 346146, 9 sept. 1904 (électromoteur à armature oscillante). — CHRISTMAS. USAP. 773119, 773120 et 773121, 22 juin et 3 décembre 1903 (moteur électrique à mouvement alternatif). — DUNCAN. USAP. 773930, 10 mai 1901 (moteur). — FOOTE. USAP. 775560, 17 mai 1904 (moteur oscillant). — GENERAL ELECTRIC CO. BP. 22911, 22913 et 24799, 1903 (moteur à courant alternatif). — HENSHAW. USAP. 771246, 11 fév. 1903 (moteur à courant alternatif). — HUNT ET SANDYCROFT CO LD. BP. 27722, 1903 (moteur d'induction). — LAYMOU. USAP. 772465, 9 mars 1903 (moteur à courant alternatif). — MILCH. USAP. 772950, 10 fév. 1904 (moteur à courant alternatif); 773881, 19 mars 1904 (collecteur pour moteurs à courant alternatif où les lames sont séparées par un isolant qui devient conducteur sous l'action d'une faible augmentation de température; par suite, l'armature se trouve court-circuitée presque aussitôt après le démarrage et le moteur fonctionne comme un moteur d'induction ordinaire). — WUST-KUNZ. USAP. 774018, 20 juillet 1901 (moteur à courant alternatif). — **Démarrage, régulation et freinage :** BETHENOD. BF. 345097, 2 sept. 1904 (démarrage des moteurs monophasés d'induction). — HENZ. DRP. 157151, 27 mars 1904 (démarrage des moteurs et arrêt des moteurs). — HULTQVIST. BF. 346002, 2 sept. 1904 (frein pour moteurs électriques). — KLÖCKNER. DRP. 157178, 31 mars 1904 (Démarreur automatique à plusieurs relais en série). — MÖTSINGER. USAP. 776028, 21 sept. 1903 (régulateur de vitesse). — PREUSS, MAASTE ET KWILECKI. DRP. 157196, 5 nov. 1903 (résistance de démarrage sous forme de poussières métalliques). — SCHATNER. USAP. 775501, 13 mai 1904 (rhéostat de démarrage thermique). — STAUNTON. BP. 25020, 1903 (régulateur automatique pour moteurs). — THOMSON-HOUSTON CO. BP. 25525, 1903 (commutateur de démarrage pour moteurs).

Electro-aimants : MESTON AND HERBERT. USAP. 771260, 21 juin 1904 (noyau d'électro-aimant). — MEYER. USAP. 775145, 26 août 1901 (électro-aimant).

Machines et appareils : BODDAM. BP. 23715, 1903 (commande d'aiguilles par l'électricité). — CHANDLER ET BONNIKEN. BP. 22858, 1903 (horloge électrique). — CLARK. USAP. 774728, 2 déc. 1903 (mécanisme électrique). — COWLES. USAP. 775768, 25 juillet 1904 (commandes de vannes et autres). — DODGSON. USAP. 774313, 17 janvier 1901 (appareil pour contrôler les aiguillages). — GENERAL ELECTRIC CO. BP. 23355, 1903 (valves commandées électriquement). — HEYWOOD. USAP. 773867, 14 mars 1904 (treuil électrique transportable). — JUNGREN. BP. 24144, 1903 (valves commandées électriquement). — KLINKENBERG. B.P. 20134, 1904

(contrôleurs pour moteurs électriques). — LEMP. USAP. 774090, 1^{er} déc. 1897 (sélecteur pour courant alternatif). — LOOMIS. USAP. 773950, 16 déc. 1903 (torelle commandée électriquement). — NEUGEBAUER. USAP. 772354, 26 mai 1904 (interrupteur à temps pour manœuvrer les barrières de chemins de fer). — REISS AND KLEMM. BP. 19931, 1904 (ventilateur électrique). — ROBERTSON. USAP. 774896, 12 mai 1904 (ferme-portes). — SCHNELLE. BP. 13489, 1904. (séparateur électrique). — SHAFER. USAP. 773508, 9 déc. 1903 (orgue électrique automatique). — SMITH. USAP. 776207 (contrôle du trafic des trains). — TURNER. USAP. 774619, 22 déc. 1903 (attelage de sûreté pour locomotives). — VALKENBURG. USAP. 774800, 14 avril 1904 (contrôleur pour moteurs électriques). — WATERMAN. USAP. 775021 et 775051, 21 juin et 4 août 1902 (mécanisme électrique pour commander les valves); 775052, 775053, 775055 et 775056, 31 janv. et 29 juin 1903, 7 sept. 1904 (indicateur de niveau d'eau pour bain). — WESTINGHOUSE. USAP. 773832 et 773833, 18 mars et 1^{er} mai 1902 (contrôleur pour moteurs). — WITTEHORNE. USAP. 776878, 22 sept. 1904 (appareil pour contrôler la vitesse d'un moteur).

Signaux : AVERY. USAP. 774463, 12 avril 1904 (avertisseur contre le vol). — BORN. USAP. 776214, 11 mars 1902 (signal pour chemins de fer). — BUCK. USAP. 774506, 12 mai 1904 (signal pour chemins de fer). — CADK. USAP. 775797, 6 oct. 1902 (signal pour chemins de fer). — COFFIELD. USAP. 775165, 30 juin 1903 (signal de sûreté pour chaudières). — COLEMAN. USAP. 774831, 17 déc. 1895 (avertisseur contre le vol). — CRAS ET DUCRETET. BF. 346280, 16 sept. 1904 (combinateur pour signaux électriques). — DENIO. USAP. 771235, 20 janv. 1904 (avertisseur automatique d'incendie). — DICKEY. USAP. 773065, 29 août 1902 (signal pour chemins de fer). — DRAPER ET ROY. USAP. 776120, 5 janv. 1904 (signal pour régler la marche des trains). — EKBERG. USAP. 775079, 5 sept. 1903 (signal pour les sourds). — FESSENDEN. USAP. 777014, 29 mars 1901 (transmetteur et récepteur de signaux). — FREEMANN. USAP. 773069, 14 janv. 1901 (signaux par ondes hertziennes). — GETTO. USAP. 775723, 27 avril 1904 (avertisseur contre le vol). — GRAY. USAP. 774320, 1^{er} fév. 1904 (signal électrique). — GRIFFIN. USAP. 771385, 23 mars 1904 (avertisseur d'incendie). — GRIFFITH. USAP. 776238, 18 oct. 1904 (aiguille et signal électriques). — HÄNICKE. BP. 18383, 1904 (avertisseur d'incendie). — HOLMES. USAP. 773868, 773869 et 773870, 16 avril, 19 et 25 mars 1904 (signal électrique automatique contre le vol). — HOWARD. USAP. 776843, 27 sept. 1904 (avertisseur pour tramway). — JOHNSON. USAP. 774668, 2 avril 1904 (avertisseur contre le vol). — KLOPFENSTEIN. BP. 18827, 1904 (avertisseur). — LAMPHIER. USAP. 773080, 17 juin 1903 (signaux pour chemins de fer). — LEE ET MYRON. USAP. 774481, 2 juin 1902 (signaux pour chemins de fer). — MILLAR. USAP. 773024 et 773025, 22 oct. 1902 (signal). — ROWELL. USAP. 774498, 19 mai 1900 (signal automatique pour chemins de fer). — SERA ET STOLPI. USAP. 775736, 18 juil. 1904 (signaux pour chemins de fer). — SILVENE. BP. 10276, 1904 (block-système). — SOUDER. USAP. 773039, 773040 et 774897, 22 oct. 1902 et 7 déc. 1903 (signal pour block-système). — STROUD. USAP. 774342, 22 déc. 1902 (avertisseur contre le vol). — STRUBLE. BP. 2899, 1904 (signaux électriques). — TURNER. USAP. 774618 et 774620, 22 déc. 1903 (signal pour chemins de fer). — YOUNG ET TOWNSEND. USAP. 774813, 22 août 1904 (signal électrique). — WALKDEN. BP. 26916, 1903 (signaux). — WEATHERY. USAP. 772547, 7 déc. 1903 (aiguille de tréfil pour signaux de block-système). — WENER. USAP. 773008, 773009, 773010, 773011 et 772985, 4 juin 1901, 23 et 24 nov. 1903, 8 juin 1904 (joint isolé pour rails permettant l'installation d'un signal). — WILSON ET MARSHALL. BP. 19245, 1904 (signaux).

TRACTION.

La substitution de la traction électrique à la traction à vapeur, par J.-G. WHITE. Mémoire présenté au Congrès des Ingénieurs à Saint-Louis en octobre 1904. Discussion par M. Stillwell. (*Electrical World and Engineer*, t. XLIV, p. 690 et 691, 22 octobre 1904.)

M. White estime que la traction électrique amènera toujours une augmentation sensible, et, dans des cas favorables, très grande, des recettes brutes en raison des avantages de ce mode de traction ⁽¹⁾.

Mais elle entraînera aussi une augmentation considérable du capital engagé ⁽²⁾, et, par suite, des charges financières.

Les dépenses totales d'exploitation seront sensiblement les mêmes, sauf dans quelques cas particuliers où elles peuvent être légèrement diminuées ⁽³⁾. En tout cas, cette économie ne peut jamais compenser l'accroissement des frais d'intérêt de l'excédent de capital de premier établissement nécessaire.

La traction électrique ne peut procurer une

⁽¹⁾ Ces avantages sont :

1° Plus grand confort des voyageurs par une plus grande propreté, une meilleure ventilation, un éclairage meilleur et mieux réparti, un chauffage plus régulier;

2° Une plus grande vitesse moyenne obtenue non pas tant par une augmentation des vitesses maxima que par des accélérations plus grandes rendues possibles par un grand coefficient de traction, un couple uniforme, un plus grand poids-adhérent, et l'emploi de moteurs puissants;

3° Des services plus fréquents, soit par voitures isolées, soit par des trains à commandes multiples, dont on fait varier la longueur suivant la demande.

⁽²⁾ Les dépenses de premier établissement de la voie, des rails, des stations, des signaux sont les mêmes, quoique, dans certains cas particuliers, la traction électrique permette de réaliser des économies de voies et de gares (comme sur la ligne de Liverpool à Southport), en raison de la possibilité de départs plus fréquents et de supprimer les manœuvres de locomotives aux terminus.

Le matériel roulant électrique coûte à peine plus cher que celui à vapeur, y compris les locomotives.

La source d'augmentation du prix d'installation se trouve dans les stations génératrices et réseaux de distribution électriques.

⁽³⁾ L'entretien de la voie et des bâtiments sera légèrement diminué par l'absence des trépidations et des fumées, ainsi que l'entretien des voitures. L'entretien des organes moteurs sera notablement plus faible que celui des locomotives d'environ 50 pour 100, mais il faut compter, en plus, l'entretien des stations génératrices et du réseau de distribution. Les salaires seront un peu plus faibles à cause des parcours plus grands des trains et de leur stationnement moindre aux terminus.

La traction électrique procure généralement une légère économie de combustible qui peut être augmentée par le bénéfice accessoire résultant de la vente de courant à des particuliers : cette économie peut devenir importante si l'énergie est produite par des chutes d'eau.

augmentation des bénéfices nets que si elle fait monter très fortement les recettes brutes.

On peut citer comme exemple le chemin de fer aérien de Manhattan où, dans la meilleure année (1895) qui a précédé l'électrification, les recettes brutes étaient de 51260000^{fr} et les bénéfices de 20660000^{fr}. Deux ans après l'électrification (année finissant en juin 1904), les recettes brutes sont passées à 72650000^{fr} et les bénéfices à 39057000^{fr}. L'augmentation des bénéfices nets représente 23 pour 100 du coût de première installation électrique. L'électrification a donc été une opération fructueuse.

Dans quelques années, les Compagnies du New York Central RR^d et du Pennsylvania RR^d seront renseignées sur les résultats de leurs services électriques de New-York. L'extension de la traction électrique sur la banlieue de ces lignes semble indiquée, ainsi que sur la banlieue de la Compagnie du New-York, New-Haven and Hartford RR^d. L'application de la traction électrique paraît également probable d'ici peu de temps dans la banlieue des villes de Washington, Baltimore, Philadelphie, Chicago et peut-être d'autres cités voisines importantes où le trafic est intense et en Europe dans la banlieue de Londres, Paris, Berlin. On peut envisager aussi l'électrification de quelques lignes interurbaines actuellement à faible trafic en Italie, par exemple, mais où l'on prévoit que ce trafic peut augmenter considérablement du fait de la substitution. Dans les autres cas, l'électrification n'est pas justifiée; elle ne peut être envisagée sérieusement sur les grandes artères et pour le trafic des marchandises, sauf dans des lignes à tunnels.

Avec un bon matériel, la traction électrique offre autant de sûreté et de sécurité que la traction à vapeur. Si la qualité du matériel laisse à désirer, l'électricité peut donner lieu à des dangers un peu plus grands d'interruption de service et d'incendie, inconvénients compensés en partie par une visibilité plus grande des signaux (par suite de l'absence de vapeur et de fumées).

Là où l'électrification est indiquée, le courant continu paraît le meilleur, avec distribution directe sur un rayon d'environ 10^{km} et avec station génératrice à courant alternatif et sous-stations de transformation pour des distances plus grandes. Si le courant monophasé réalise ce qui est annoncé, il pourra trouver des applications pour des services à départs espacés et à grande distance. Les courants triphasés ne paraissent pas avoir d'avenir.

Ce Mémoire a été discuté en détail par M. Stillwell, qui trouve que, sur beaucoup de points, M. White n'a pas été assez optimiste pour l'électricité.

On peut donner comme criterium que la traction électrique n'est pas justifiée sur une ligne dont le trafic par jour ne dépasse pas 10 000 tonnes-kilomètres par kilomètre de double voie.

La traction électrique se prête particulièrement bien aux fortes rampes de 6 à 10 pour 100.

M. Stillwell s'élève contre l'assertion que la récupération avec les moteurs triphasés conduit à une complication telle qu'elle n'a pas d'intérêt pratique; il cite des essais faits pendant une semaine par la maison Ganz sur un train de sept voitures où l'on a retrouvé, à la descente, plus de 70 pour 100 de l'énergie dépensée; la maison Ganz a garanti, dans un certain cas, au moins 20 pour 100 de récupération. Il n'admet pas non plus que le courant continu soit le seul désigné pour l'électrification; les courants monophasés et même triphasés doivent, dès maintenant, être examinés et peuvent avoir leurs avantages suivant les cas. L'une des objections les plus fortes est l'emploi du troisième rail: le trôlet est à recommander toutes les fois que l'on peut l'employer. La traction électrique donne au moins autant de sûreté que la traction à vapeur qui est affectée, par exemple, par le froid. On est à l'abri des risques d'incendie sur les voitures si l'on essaie les équipements moteurs à intervalles réguliers; comme on le fait au Manhattam à une tension égale à trois ou quatre fois la tension de marche.

Au New York Central le parcours quotidien d'une locomotive à vapeur est d'un peu plus de 120 km; on peut faire plus du double avec la traction électrique et l'on peut, par conséquent, employer moitié moins de locomotives. Les frais de réparation des locomotives électriques peuvent être évalués à 2 pour 100 par an et ceux des locomotives à vapeur à plus de 20 pour 100. On peut employer dans les grandes stations génératrices des appareils très économiques donnant le cheval-heure avec 0,45, 510 de charbon. On dépense, avec la traction électrique, d'après M. Stillwell, la moitié ou même le tiers du charbon dépensé avec les locomotives. Le coût de l'énergie au Manhattam est de 0,6, 03 par kilowatt-heure ou de 0,6, 045 à 0,6, 05 avec l'amortissement du capital engagé. La consommation sur cette ligne, indiquée par M. White comme étant de 78 watts-heure par tonne-kilomètre est actuellement de 51 watts-heure à l'usine génératrice et de 43 watts-heure sur le troisième rail. Des essais exécutés en Amérique et en Angleterre ont montré que, sur des locomotives à vapeur, 43 pour 100 seulement de la puissance développée sont utilisés à la barre de traction. L'entretien de la voie sera moins élevé avec la traction électrique qu'avec la traction à vapeur à cause de l'équilibre parfait et du poids moindre nécessaire pour développer le même effort de traction. — C. J.

Sur la résistance des trains, par W.-J. DAVIS. (*St. Rail. Journ.*, t. XXIV, p. 1000-1005, 3 déc.). — L'auteur, qui s'est fait une spécialité de cette question, donne plusieurs formules permettant de calculer l'effort de traction nécessaires pour la marche d'un train dans diverses conditions.

Le système de récupération Raworth. (*Tr. a. Ra. Wo.*, t. XVI, p. 572-575, 8 déc.). — Communication de M. Raworth à l'Association of Tramways and Light Railways, et reproduction de la discussion qui l'a suivie (voir *Rev. élect.*, t. II, p. 336 et 351).

Rails et roues de tramways, par A.-N. BANISTER. (*Tr. a. Ra. Wo.*, t. XVI, p. 567-571, 8 déc.). — Reproduction complète d'une intéressante Communication faite par l'auteur à la réunion des 2 et 3 novembre, à Wakefield, de l'Association of Tramways and Light Railways; une partie de cette Communication a déjà été signalée dans ces colonnes (t. II, p. 337).

La traction électrique des trains lourds, par O.-S. LYFORD et W.-N. SMITH. Mémoire présenté à l'American Institute of Electrical Engineers, le 25 nov. (*St. Rail. Journ.*, t. XXIV, p. 992-1000, 3 déc.). — Les auteurs s'occupent principalement des études faites en vue de rechercher les moteurs les plus convenables pour l'application de la traction électrique sur le Long Island Railway.

Un chemin de fer électrique américain à grande vitesse, système à troisième rail, entre Aurora, Elgin et Chicago. (*Tramway and Railway World*, t. XVI, p. 537-539, 8 déc., 9 vues photo).

Le chemin de fer à courant monophasé de Spindlersfeld. (*Elect. Review*, Lond., t. LV, p. 971 et 1011, 9 et 16 déc.).

Les tramways électriques du sud de Londres. (*Tr. a. Ra. Wo.*, t. XVI, p. 546-551, 8 déc.; une carte, 8 figures).

Les tramways électriques de Pietermaritzburg, Natal. (*Elect. Review*, Lond., t. LV, p. 947-951, 9 déc.).

Les tramways électriques de Preston. (*Tr. a. Ra. Wo.*, t. XVI, p. 540-546, 8 déc., 13 fig., dont 3 vues).

Les chemins de fer monophasés en Europe. (*Street Railway Journal*, t. XXIV, p. 948-953, 26 nov. 1904). — Cet article est la reproduction d'une Note de M. C.-O. Mailloux, présentée à la New-York Electrical Society à la suite d'une Communication de M. Mc Allister sur les moteurs de traction monophasés. M. Mailloux, qui est une autorité en Amérique en matière de traction électrique, relate dans cette Note les remarques qu'il a eu occasion de faire, au cours d'un récent voyage en Europe, sur la traction par courants monophasés. Il décrit sommairement l'application du moteur Winter-Eichberg aux installations de Spindlersfeld, près Berlin, et de Stubaithal, près d'Innsbruck, puis il décrit le système de prise de courant à Oerlikon. Nous n'avons pas à insister sur ces diverses installations qui ont déjà été signalées dans ces colonnes (t. II, p. 336 et t. I, p. 237 et 271), mais il nous paraît intéressant de reproduire la conclusion de l'auteur: « Je puis dire que je suis revenu plus convaincu que jamais de la possibilité de la traction électrique des trains lourds, et je pense que son développement et son extension seront beaucoup plus rapides qu'on le croit généralement aujourd'hui. »

Nouveau système d'amenée et de prise de courant pour grandes lignes de chemins de fer à traction électrique. (*Bulletin de l'Institut Montefiore*, 3^e série, t. IV, p. 480-508). — L'auteur, M. Somach, donne une description détaillée, accompagnée de 14 figures, du système de prise de courant de la Société Oerlikon, essayé sur la ligne Seebach-Wettingen et signalé dans la *Revue électrique* (t. I, p. 237 et 271).

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Récepteurs électrolytiques pour la télégraphie sans fil, par DE FOREST. Mémoire présenté au Congrès international électrique de Saint-Louis (17 pages, 6 figures).

Le principe du nouveau genre de détecteurs, imaginés par M. de Forest ⁽¹⁾, repose sur des observations faites, en 1898, par Neuschwender et Aschkinass. On divise par un trait très fin la couche d'argent d'un miroir, de manière à la séparer en deux portions isolées, et l'on intercale le système dans un circuit comprenant une pile, un téléphone et un galvanomètre. Tant que la surface est sèche, on n'observe aucun courant; mais si l'on y dépose une couche d'humidité en insufflant de l'haleine, on observe le passage d'un courant. Les déviations du galvanomètre sont d'abord violentes et irrégulières, tandis que le téléphone fait entendre des crachements. A cette période succède bientôt une période de stabilité relative : le son du téléphone devient un bourdonnement et le galvanomètre dévie assez fortement et indique que la résistance a atteint une faible valeur.

Si l'on vient à émettre des ondes électriques dans le voisinage, le galvanomètre indique un accroissement de résistance brusque et temporaire, tandis que le téléphone rend un son.

M. de Forest a étudié le phénomène, et ses expériences montrent qu'il est dû à une électrolyse. Il est particulièrement marqué lorsqu'on substitue aux électrodes d'argent des électrodes d'étain.

En examinant au microscope un sillon très étroit tracé entre deux feuilles d'étain collées sur une plaque de verre humide et servant d'électrodes au

⁽¹⁾ L'emploi presque exclusif du cohéreur à limaille comme détecteur d'ondes dans la télégraphie sans fil n'est pas sans présenter de nombreux inconvénients. Sans insister sur l'insécurité du fonctionnement, la mauvaise adaptation à la résonance, la susceptibilité aux influences extérieures (électricité atmosphérique notamment), l'obstacle le plus sérieux que présente l'usage du cohéreur dans les applications commerciales est la lenteur forcée des transmissions.

Il est, en effet, difficile d'atteindre avec le cohéreur une vitesse d'une dizaine à une douzaine de mots par minute. On obtient à ce point de vue de meilleurs résultats avec les auto-décohéreurs, c'est-à-dire avec les systèmes qui agissent comme contacts microphoniques. Il n'y a plus besoin alors, en effet, de relais, ni de frappeur. L'appareil ne comporte plus aucune inertie, mais les variations de résistance sont si faibles qu'on ne peut les enregistrer qu'au téléphone. Avec un pareil dispositif, la rapidité des transmissions n'est limitée que par l'habileté de l'opérateur. Les auto-décohéreurs ne satisfont pas aux conditions qu'exige la syntonie, car leur résistance et leur capacité sont trop variables. D'autre part, ils sont incapables d'actionner un signal d'appel.

Les détecteurs d'ondes de M. de Forest paraissent présenter les avantages de ceux qui viennent d'être mentionnés sans en offrir les inconvénients.

courant d'une pile locale, on voit des particules métalliques extrêmement ténues qui, arrachées de l'anode par l'action du courant, se déplacent vers la cathode en décrivant les courbes les plus capricieuses. Ces particules, en se soudant les unes aux autres, déterminent la formation d'arborescences cristallines et dessinent des rameaux du plus gracieux effet. Pendant cette période de formation (qui dure peut-être 30 secondes), on entend dans le téléphone un bourdonnement irrégulier, tandis que le galvanomètre indique une chute progressive de résistance. Lorsque les rameaux viennent atteindre la cathode en réunissant les deux bords de la coupure, la résistance prend une valeur relativement faible et il se produit dans le téléphone un silence complet.

L'émission d'une onde électrique accroît brusquement la résistance du système et provoque un changement remarquable dans l'aspect des arborescences. De fines bulles de gaz apparaissent, surtout aux extrémités voisines de la cathode, et, grossissant rapidement, viennent rompre les rameaux qui formaient pont. Le courant local reforme d'ailleurs immédiatement les chaînes qui ont été brisées, de sorte que le système se trouve automatiquement en mesure de recevoir l'action d'une émission nouvelle ⁽¹⁾.

Quand on écarte les électrodes, dès que leur distance (C' était la coupure considérée précédemment) dépasse une certaine valeur, assez faible du reste, on observe une force électromotrice de polarisation.

La première application du courant local a toujours pour effet de provoquer une chute de résistance, mais aussitôt après le courant diminue graduellement et tombe à zéro. Cet effet est dû à la polarisation des électrodes.

Si l'on soumet alors le système à l'action d'un

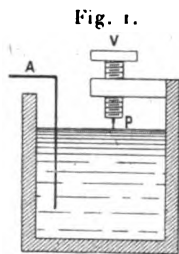
⁽¹⁾ Les bulles gazeuses sont surtout des bulles d'hydrogène; d'abord parce que le volume de l'hydrogène mis en liberté est double de celui de l'oxygène, ensuite parce que l'oxygène entre en majeure partie en combinaison avec l'étain. On constate, en effet, qu'après un certain temps de fonctionnement, un dépôt grisâtre d'oxyde d'étain apparaît sur l'anode.

On peut imaginer que les fines arborescences (dont le diamètre est de quelques microns) ne sont pas exactement en contact métallique avec l'anode, mais se trouvent séparées de cette anode par une pellicule d'électrolyte extrêmement faible. C'est cette pellicule qui, se trouvant soudain décomposée par l'accroissement brusque du courant, donne naissance au dégagement gazeux dont l'expansion accroît la résistance du pont. L'expérience montre que la force électromotrice exigée pour le transport métallique de l'anode à la cathode est très faible et bien inférieure à la force électromotrice critique de polarisation de l'électrolyte. De l'eau distillée, de la glycérine, de l'huile même, contiennent assez d'impuretés pour se comporter à cet égard comme de véritables électrolytes.

courant de haute fréquence, on observe une chute de résistance. C'est l'effet qui se produit sous l'action d'ondes hertziennes; à peine apparent quand les arborescences constituent la cathode, il est très marqué quand elles constituent l'anode.

Bien que l'on puisse concevoir un détecteur d'ondes basé sur le premier phénomène qui a été décrit (détecteur à accroissement de résistance), c'est le second qui paraît surtout avoir été utilisé par M. de Forest.

L'appareil a reçu la forme suivante: Un vase contient la solution électrolytique, solution alcaline ou acide diluée. Dans cette solution plonge une large cathode métallique A (fig. 1). L'anode est cons-



tituée par une vis V qui porte un fil de platine très fin p. Ce fil plonge à peine dans le liquide.

Avec un pareil dispositif, on a pu enregistrer des signaux, de l'Exposition de Saint-Louis à Springfield, à une distance de 105 milles (170^{km}) par-dessus des terres.

Il y a intérêt à faire usage de fils très fins. Ainsi, des anodes de grande sensibilité peuvent être obtenues à l'aide de fils à la Wollaston.

On pourrait être tenté de croire que l'effet observé est de nature thermique ⁽¹⁾.

Les faits expérimentaux contredisent cette interprétation ⁽²⁾.

Le détecteur ne fonctionne donc pas à la façon d'un bolomètre. L'effet est bien de nature électrolytique. M. de Forest estime qu'il est dû à une interruption brusque de la polarisation provoquée par l'action des ondes. Les expériences suivantes justifient cette manière de voir. Le phénomène ne se

produit plus, en effet, dès que l'on empêche la polarisation de prendre naissance.

C'est ce qui arrive si l'on prend soin de recouvrir la surface du fil fin formant anode de noir de platine, en le platinant par électrolyse préalable, par exemple.

C'est aussi ce qui a lieu quand on emploie comme anode un fil de fer et comme électrolyte une solution acide diluée. L'oxygène qui se porte à l'anode ne peut alors la polariser car il l'attaque, et l'oxyde formé se dissout au fur et à mesure ⁽¹⁾.

Quoi qu'il en soit, ces dispositifs sont intéressants par les applications multiples auxquels ils sont susceptibles de se prêter ⁽²⁾.

Le détecteur décrit paraît posséder toutes les qualités voulues pour remplacer avantageusement en télégraphie sans fil les détecteurs habituellement employés.

A une grande sensibilité, il joint la qualité précieuse d'avoir une capacité et une résistance constantes, ce qui en recommande l'emploi dans les recherches de syntonie. Comme régularité, son action peut être comparée à celle du détecteur magnétique de Rutherford, mais sa sensibilité est incomparablement plus grande. Il apporte donc un sérieux perfectionnement à la technique de la télégraphie sans fil. T.

Câble sous-marin isolé à la gutta Gentzsch. (*Elect. Review*, Londres, t. LV, p. 979, 16 déc.). — Par suite du prix toujours croissant de la gutta naturelle de nombreuses compositions isolantes ont été proposées pour la remplacer. Celle imaginée par M. Adolf Gentzsch (déjà signalée dans le numéro du 30 mai, p. 319) paraît avoir les propriétés essentielles que l'on exige de la gutta naturelle, d'après les essais faits par l'administration des Télégraphes allemands sur un câble isolé avec cette matière et posé en 1902 pour relier l'île de Föhr au continent. Ce câble, de 8^{km},7 de long, renferme quatre conducteurs constitués chacun par sept fils de cuivre de 0^{mm},6 de diamètre; les quatre conducteurs, séparément recouverts d'une couche de gutta Gentzsch de 6^{mm} de diamètre, sont protégés par une couche de jute, deux couches de compound et une armure de 14 fils d'acier de 5^{mm},6 de diamètre, le tout formant un câble de 36^{mm} de diamètre. Les nombreux essais faits sur ce câble ont montré que ses propriétés électriques, tout à fait comparables à celles des câbles isolés à la gutta et d'ailleurs meilleures que celles exigées par le cahier des charges, n'ont subi aucune modifi-

⁽¹⁾ Le passage du courant de haute fréquence de l'électrode dans l'électrolyte en provoque l'échauffement; comme le coefficient de variation de la plupart des électrolytes est négatif, il en résulterait une chute de résistance.

⁽²⁾ Tout d'abord, le phénomène n'est pas indépendant du sens d'application du courant local. Il ne se produit que si l'électrode active est positive et ne met donc pas en jeu un effet de la forme RI².

En second lieu, il n'est pas affecté par de grandes variations de température. On peut en effet placer le détecteur dans un bain de paraffine dont on élève la température jusqu'à amener l'électrolyte à l'ébullition, sans qu'il cesse de fonctionner normalement.

⁽¹⁾ Les systèmes détecteurs étudiés sont donc des détecteurs électrolytiques. Dans les uns il y a chute de résistance sous l'action des ondes, de sorte qu'ils se comportent comme des *auto-décohérents*; dans les autres il y a accroissement de résistance sous l'action des ondes, de sorte qu'ils se comportent comme des *anticohérents*.

⁽²⁾ Il y a lieu de noter que certains électrolytes donnent de meilleurs résultats que d'autres. Ainsi, l'acide hypophosphoreux donne de meilleurs résultats que l'acide phosphorique, et l'acide nitrique, chargé de vapeurs nitreuses, est supérieur à l'acide nitrique pur.

Selon toute probabilité, cet effet est dû à la capacité d'absorption de ces électrolytes pour l'oxygène.

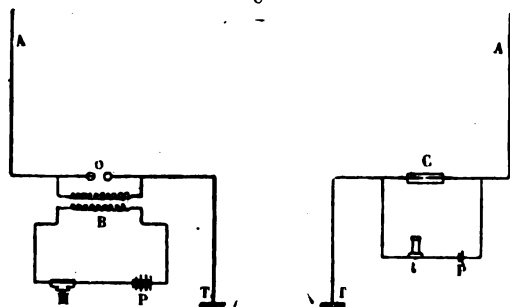
cation appréciable depuis la pose. — A la suite de cette constatation 16^{km} de câbles du même type ont été immergés. Comme la gutta Gentzsch, qui ne contient qu'une faible quantité de gutta naturelle, est peu coûteuse, les câbles de ce type reviennent à environ 35 pour 100 meilleur marché que les câbles de mêmes dimensions isolés à la gutta; l'économie réalisée sur 24^{km},5 de câbles actuellement posés est de ce fait d'environ 25 000^{fr}.

La téléphonie sans fil au moyen des ondes hertziennes. (*Energia electrica*, Madrid, t. IX, n° 10, p. 185, 25 mai 1904). — Un ingénieur espagnol, M. G.-J. de Guillen Garcia, a résumé d'intéressantes expériences qu'il a faites sur la téléphonie sans fil au moyen des ondes hertziennes. Le fils de M. Garcia, s'occupant de télégraphie sans fil, avait observé que dans un téléphone associé au cohéreur Tommasina, il se produisait une différence de son suivant la distance explosive de l'oscillateur. Cette observation suggéra à l'auteur l'idée de se servir d'un dispositif analogue pour transmettre la parole à travers l'espace sans le secours d'un conducteur. Les expériences nécessaires, après avoir été assez longtemps différées faute d'appareils, ont pu être menées à bien dernièrement, grâce au concours du professeur Marcel, du séminaire de Barcelone.

La figure 1 représente schématiquement la disposition employée.

Les antennes A et A' sont supportées à la façon ordinaire

Fig. 8.



au moyen d'isolateurs en porcelaine. Au poste transmetteur, on trouve : la bobine de Ruhmkorff B, la pile P, l'oscillateur O réuni d'une part à l'antenne A, de l'autre à la terre T, et un microphone spécial M à pointe métallique et plaque vibrante en mica avec croix de cuivre isolée. Les appareils de la station réceptrice comprennent le cohéreur Tommasina autodécohérent, relié d'une part à l'antenne A; de l'autre à la terre, le téléphone t et la pile p.

Toutes les fois que la pointe métallique du microphone vient toucher la plaque vibrante, le courant de la pile P peut passer dans les appareils. Si donc on chante ou l'on parle devant ce microphone, les vibrations de la plaque correspondant au chant ou à la parole donneront naissance à des interruptions et à des fermetures de courant dans le primaire de la bobine; les courants induits secondaires, et par suite les étincelles à l'oscillateur en nombre et en intensité, correspondront aux vibrations acoustiques transmises; des séries d'ondes seront ainsi lancées et viendront impressionner le cohéreur à la station réceptrice. A chaque impulsion d'ondes, le courant de la pile p passera par le cohéreur et la membrane du téléphone sera attirée. Le téléphone t vibre ainsi en concordance avec le microphone de la station transmettrice, et l'on conçoit que le son rendu en t puisse être identique à celui émis au transmetteur.

En fait, les résultats obtenus jusqu'à présent paraissent avoir été satisfaisants pour la reproduction du chant; mais la parole est rendue d'une façon beaucoup moins parfaite. La

cause en est, semble-t-il, à la difficulté d'avoir un microphone suffisamment puissant; l'auteur espère toutefois pouvoir vaincre avant peu, au moins en partie, ces difficultés d'ordre purement technique.

J.-H.

Détails de construction d'un mât de 54^m pour télégraphie sans fil, par J.-B. BAKER. (*Elect. Wo. a. Eng.*, t. XLIV, p. 1086-1083, 24 déc.).

Expériences sur des lignes téléphoniques munies de bobines de self-induction, par H.-V. HAYES. (*Electrician*, t. LIV, p. 362-365, 16 déc.). — Ces expériences ont été faites en vue de vérifier les idées théoriques de Pupin et de Campbell sur les effets des bobines de self-induction sur la transmission téléphonique; leurs résultats concordent en général avec ceux du calcul.

Dispositifs de la Automatic electric Co, par N.-G. MEADE. (*Elect. Wo. a. Eng.*, t. XLIV, p. 1125-1129, 31 déc.). — Dans cet article l'auteur décrit très clairement les dispositifs utilisés pour mettre automatiquement en communication deux abonnés, le personnel du bureau central n'ayant pas à s'occuper de cette opération; la description est faite pour un bureau desservant 10000 abonnés.

BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie : ATHEARN. USAP. 774905, 13 mai 1904 (répétiteur télégraphique). — BARCLAY. USAP. 772396, 1^{er} fév. 1904 (télégraphie quadruplex). — BUCKINGHAM. DRP. 157493, 16 oct. 1902 (enregistreur télégraphique). — ROUSSEL et KING. BP. 18181, 1904 (transmetteur). — WHITE. BP. 2865, 1904 (récepteur). — WOLTERS. DRP. 157100, 18 sept. 1903 (transmetteur pour signaux Morse). — **Télégraphie sans fil** : DYMOND. BP. 18098, 1904 (télégraphie sans fil). — FESSENDEN. DRP. 157343, 157344 et 157345, 13 août 1902 (transmission d'énergie et de signaux par ondes). — FOREST (LEE DE). DRP. 157346, 4 mars 1903 (dispositif de syntonisation). — HARRISON. BP. 17483, 1904 (récepteur pour transmission sans fil). — MANDELSTAM. DRP. 157405, 23 déc. 1903 (commutateur pour télégraphie sans fil). — MASSIE. USAP. 775113, 4 mars 1904 (cohéreur). — TROY. USAP. 774922 et 775050, 11 et 8 avril 1904; BP. 15226, 1904 (choix d'ondes électriques).

Téléphonie : ARNHEIM. DRP. 157506, 21 juil. 1903 (commutateur pour téléphone). — BASHLIN. USAP. 774929, 28 oct. 1903 (diaphragme protecteur pour parleur). — BIRNBAUM et WHITE. BP. 15382, 1904 (sous-station pour téléphone). — CRANE. USAP. 772927, 17 fév. 1902 (dispositif téléphonique). — DROWNS. BP. 16509, 1904. — EATON. USAP. 773007, 31 déc. 1901 (système téléphonique). — ECKSTEIN et ANGOLD. BP. 26427, 1903 (contrôleur). — ERICKSON. USAP. 772459, 15 nov. 1902 (compteur de conversations téléphoniques). — FAIRWEATHER. BP. 22440, 1903 (téléphone). — FALK, STADELMANN et Co. BP. 25663, 1903 (téléphone). — FRANKEL. USAP. 775284, 2 déc. 1903 (connexions pour téléphones). — HARRIS. USAP. 772936, 23 juin 1904 (commutateur téléphonique). — HAWKHURST. BP. 18429, 1904 (téléphone). — KYLE. USAP. 772944, 19 nov. 1902 (test téléphonique). — MILLER. USAP. 774770, 19 déc. 1900 (téléphone à batterie centrale). — NICKUM. USAP. 774991, 4 avril 1904 (registre pour téléphones). — PETSCH, ZWIETUSCH et Co. DRP. 137505, 21 fév. 1903 (commutateur pour téléphone). — SEBASTION. USAP. 775254, 4 janv. 1904 (support pour récepteur téléphonique). — SIEMENS et HALSKE. DRP. 157232, 15 déc. 1903 (dispositif de sûreté pour téléphones). — STOCK et Co. DRP. 157475, 3 juil. 1903 (avertisseur pour téléphones). — TROY. USAP. 774923, 24 juin 1904 (récepteur pour téléphones). — WHITEHORNE. USAP. 775201, 27 avril 1904 (système téléphonique); 775226, 775227, 775228, 775229 et 775230, 4 et 14 fév. et 7 déc. 1903 (système de tableau téléphonique).

ÉCLAIRAGE.

Éclairage électrique des signaux de chemins de fer, par A. FREY. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, 11 août 1904, p. 691-694).

Avec l'augmentation de vitesse que l'on donne maintenant aux trains, il devient nécessaire d'avoir des signaux plus rapprochés et très visibles. Les lampes à pétrole que l'on emploie généralement peuvent s'éteindre et mal éclairer par les mauvais temps, tandis que les lampes électriques donnent une lumière parfaitement stable quel que soit le temps et peuvent même, d'après l'auteur, être plus économiques.

L'auteur, ingénieur électricien à la Compagnie du Gothard, a été chargé d'étudier en 1897 l'application de l'électricité sur les lanternes de signaux avec réflecteur double éclairées précédemment par une lampe à pétrole de 10 bougies. Il a placé au foyer de chacune des faces du réflecteur une lampe de 10 bougies consommant 4 watts par bougie. La présence de deux lampes rend les chances d'extinction de la lanterne presque impossibles. Pour les signaux rouges et verts on a obtenu de meilleurs résultats en plaçant des verres colorés sur les parois de la lanterne qu'avec des lampes rouges et vertes dont la couleur disparaissait à grande distance pour ne laisser voir que le point lumineux du filament. Des précautions spéciales sont prises pour protéger les fils et contacts de l'humidité et des chocs ⁽¹⁾.

Les lampes placées du côté des trains sont retirées après 800 heures d'éclairage et remplacées par des neuves; on les utilise encore pendant 800 heures du côté de la lanterne opposé aux trains; elles fournissent donc une durée totale de 1600 heures. On en consomme 4 par an environ

Soit une dépense de.....	fr 4
Le courant revient à 1 ^{fr} , 50 par bougie et par an, soit.....	30
L'entretien et les réparations coûtent par an....	6
Soit une dépense totale par an de.....	40

⁽¹⁾ Le raccord entre le câble principal et le branchement se fait par une pièce en laiton logée dans une cloche en porcelaine fermée par un bouchon fileté en ébonite laissant passer le fil se rendant à la lanterne. La lanterne est posée sur un treuil et peut être descendue pour être visitée. Les deux lampes sont disposées sur une tige à ressort, afin de ne pas être brisées par les chocs brusques que produisent le passage des trains et le mouvement de commande des disques et sémaphores sur lesquels les lanternes sont montées.

Dans les lanternes qui peuvent tourner de 90 degrés, le courant est amené par une bague et un petit balai protégé par une enveloppe protectrice métallique.

Les lanternes nouvelles munies de lampes électriques sont un peu plus petites que les anciennes lanternes à pétrole.

par lanterne ⁽¹⁾; qui est inférieure de 19^{fr} à la dépense annuelle d'une lanterne à pétrole, qui se monte à 59^{fr} ⁽²⁾. L'économie provient surtout de la facilité d'allumage des lampes électriques, tandis que dans une gare où la dernière lanterne de signal est quelquefois distante de 4^{km} de la première, il faut beaucoup de temps pour aller apprêter et allumer chaque jour les lampes à pétrole ⁽³⁾. CH. J.

BREVETS RÉCENTS.

Éclairage par incandescence : Lampes à incandescence : BOULT. BP. 20975, 1904. — BRILL. USAP. 772401, 29 avril 1904 (lampe portative). — CANELLO. BP. 17792, 1904. — GILL. USAP. 774749, 25 janvier 1902 (lampe portative). — HOGGE et BARROLIER. DRP. 157370, 5 mars 1903. — MILLER. USAP. 773805, 29 septembre 1902. — O'BRIEN. BP. 11439, 1904. — SCHWABE. BP. 2829, 1904. — SIEMENS et HALSKE A.-G. BP. 20277, 1904 (corps incandescent pour lampe à incandescence). — **Lampe à vapeur** : LEMP. USAP. 774138, 1^{er} décembre 1897 (tube à vide). — **Accessoires** : BENJAMIN. USAP. 12286 renouvellement du 759963, 25 août 1904 (socle à lampes multiples). — KLEBER. USAP. 774391, 9 juillet 1903 (support pour lampes à incandescence). — ROSSITER. USAP. 775779, 2 juin 1904 (rosace). — SWAN. USAP. 774404 et 775689, 1^{er} avril 1901 et 27 mars 1903 (support pour lampe à incandescence).

⁽¹⁾ Les frais d'amortissement, non négligeables, de la dépense d'installation des appareils d'éclairage électrique ne sont pas comptés dans ce chiffre; l'amortissement d'une simple lampe à pétrole est au contraire insignifiant.

⁽²⁾ Ce chiffre est établi comme suit :

Consommation pour 4500 heures par an à 30^{fr} de pétrole par heure pour 10 bougies, pétrole à 0,16 le kilogr.

Pétrole consommé.....	fr 21,60
Nettoyage et réparation.....	5,50
Salaire du lampiste pour apprêter et allumer les lampes.....	31,90
	59,00

⁽³⁾ D'après *Electrical Review*, de Londres, du 2 décembre, la gare de Bolton, du Lancashire et Yorkshire Railway, possède depuis environ 1 an 200 lampes à incandescence pour l'éclairage des signaux de cette importante station. Ces lampes sont de 8 bougies et construites pour fonctionner normalement sous 230 volts; toutefois, elles ne sont alimentées que sous 220 volts, afin de prolonger leur durée et éviter toute rupture intempestive du filament par les variations inévitables de la tension du réseau; il résulte bien de cette précaution une diminution du pouvoir éclairant des lampes, mais on a reconnu que celui-ci était encore très suffisant pour la visibilité des signaux. Les lampes sont placées dans les lanternes ordinaires, à raison d'une seule par lanterne; chaque lampe est suspendue par un ressort à une plaque circulaire fixée par trois crochets élastiques à la partie supérieure de la lanterne; elle peut être très facilement enlevée et remplacée par une lampe ordinaire en cas d'extinction. Jusqu'ici, ce mode d'éclairage a donné toute satisfaction; en particulier en cas d'obscurcissement subit de l'atmosphère par les brouillards, si fréquents dans cette région, il rend de grands services en permettant d'allumer instantanément les lampes de tous les signaux.

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

Electrolyse des chlorures alcalins additionnés de fluorures, par F. FOERSTER et ERICH MÜLLER. (*Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. X, p. 781, 30 septembre 1904).

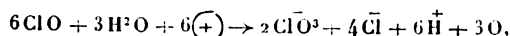
La Société Siemens et Halske a pris un brevet (brevet allemand 153859) pour la préparation des sels halogénés par addition de fluorures à l'électrolyte.

Un tel procédé ne peut avoir d'importance pour la préparation des chlorates que si le rendement dépasse ainsi 85 à 90 pour 100, valeur que l'on atteint sans addition de fluorure. Comme d'un côté, d'après la théorie des auteurs, il est peu vraisemblable que le chlorate se forme sans production intermédiaire d'hypochlorite et comme, d'autre part, l'influence favorable des ions-fluor est nettement démontrée par Skirrow et Müller, les auteurs ont fait des expériences pour rechercher l'influence des fluorures pendant l'électrolyse des chlorures alcalins. Ils ont trouvé que l'action des fluorures dans ce cas spécial est tout à fait différente de celle trouvée par Skirrow et Müller. Le procédé Siemens et Halske n'est pas autre chose, en effet, que le procédé antérieurement décrit par les auteurs ⁽¹⁾ et les fluorures n'agissent ici que par leur réaction acide et par conséquent par l'acide fluorhydrique ⁽²⁾.

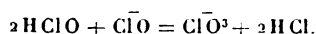
C'est ce but qu'atteignaient les auteurs ⁽³⁾ en additionnant la solution d'un peu d'acide chlorhydrique, de bicarbonates, de bichromates et en pro-

⁽¹⁾ *Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. VIII, p. 8.

⁽²⁾ On sait que, par l'électrolyse d'une solution neutre de chlorure pur, il se forme d'abord presque exclusivement de l'hypochlorite dont la teneur augmente jusqu'à une valeur sensiblement constante. A ce moment, le rendement en chlorate est pratiquement constant et une certaine portion du courant est consommée par le dégagement d'oxygène par suite de la formation anodique du chlorate d'après la formule



pendant qu'une autre perte provient de la réduction de l'hypochlorite tant que dure cette réaction. La réduction et le dégagement d'oxygène, qui diminuent le rendement, dépendent, pour une densité de courant et une température déterminées, de la concentration de l'hypochlorite. On peut, par conséquent, diminuer ces pertes et par suite augmenter le rendement en chlorate en affaiblissant la teneur en hypochlorite. On y parvient en ayant soin d'atteindre une certaine concentration en ions-hydrogène, de sorte qu'une partie de l'hypochlorite existant à l'état d'acide hypochloreux, il se produit la réaction



En un mot, il faut réaliser les conditions dans lesquelles la formation du chlorate se fait purement chimiquement.

⁽³⁾ *Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. IX, p. 208. — *L'Éclairage électrique*, t. XXXV, p. 124, 13 juin 1903.

duisant un diaphragme de chaux ou de magnésie sur la cathode par l'addition des chlorures correspondants.

Dans le brevet ci-dessus l'acidulation est provoquée par l'acide fluorhydrique.

Si l'on fait l'expérience, comme l'ont effectuée les auteurs, en additionnant des fluorures purs et non acides, on ne constate aucune différence dans le cours de l'électrolyse en comparant à une solution non additionnée de fluorure. Au contraire, des essais entrepris avec addition de fluorures acides montrent une augmentation dans le rendement en chlorate.

L. J.

Procédé Heibling pour la fabrication des alcalis.

(*Elect. Review*, Lond., t. LV, p. 1075, 30 déc.). — Les électrodes employées dans ce procédé sont les unes en charbon, les autres en plomb perforé recouvert d'une couche d'argent poreux. L'électrolyse comprend deux opérations. En premier lieu, on fait passer le courant en prenant comme anodes les électrodes en plomb argenté; l'argent est transformé en chlorure d'argent tandis que de la soude ou de la potasse se forme autour des cathodes en charbon avec dégagement d'hydrogène. Cette opération effectuée, l'électrolyseur est vidé puis rempli d'une solution nouvelle de chlorure de sodium ou de potassium et l'on fait alors passer le courant en prenant comme anodes les électrodes en charbon; du chlore est mis en liberté sur ces anodes tandis que l'hydrogène qui devrait être mis en liberté aux cathodes réduit le chlorure d'argent de celles-ci pour donner de l'argent spongieux et de l'acide chlorhydrique qui régénère le chlorure de sodium ou de potassium. Quand tout le chlorure d'argent est réduit, les électrodes se trouvent ramenées dans l'état où elles étaient avant la première électrolyse et la seconde opération du procédé est terminée. On renverse alors le sens du courant de manière à électrolyser la solution de chlorure avec formation de chlore et de soude et de potasse comme il a été dit. L'hydrogène est utilisé pour concentrer les solutions alcalines par la chaleur résultant de sa combustion. — La différence de potentiel entre électrodes est de 2,25 volts dans l'une et l'autre opération; les procédés ordinaires de fabrication électrolytique des alcalis exigeant au plus 5 volts comme différence de potentiel, le procédé Heibling ne procure guère d'économie sur la quantité d'énergie électrique requise pour la fabrication d'un poids donné d'alcali. Son avantage primordial, suivant l'inventeur, est qu'il ne peut y avoir perte d'alcali par combinaison avec le chlore, celui-ci étant mis en liberté dans une solution de chlorure ne contenant pas d'alcali. D'autre part la dépense résultant de l'usure des électrodes est incomparablement plus faible que dans les procédés employant une cathode en mercure, la perte de mercure, si minime qu'elle soit, étant toujours très onéreuse. A la vérité on pourrait craindre que dans le procédé Heibling il n'y ait perte d'argent, le chlorure d'argent étant un peu soluble dans les chlorures alcalins; mais les essais effectués ont permis de constater que les liqueurs alcalines obtenues par ce procédé ne renferment aucune trace d'argent, sans doute parce que le chlorure d'argent dissous est décomposé par le courant qui ramène l'argent sur la cathode. Ces essais ont en outre montré que les liqueurs alcalines ainsi préparées sont relativement très pures: 1° de solution de densité 1,54 contenait 770% de soude caustique et seulement 108,8, soit 1,4 pour 100, de sel marin.

MESURES ET ESSAIS.

Essai industriel du fer en Amérique. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 818, 15 septembre 1904).

Cette Note est le résumé d'une communication de M. C.-E. Skinner, à l'American Society for testing material. Le journal allemand constate que les méthodes employées en Amérique diffèrent beaucoup de celles indiquées par la Commission d'hystérésis de la Verband deutscher Elektrotechniker⁽¹⁾.

La Compagnie Westinghouse emploie deux méthodes pour déterminer les pertes totales dans le fer (hystérésis et courants de Foucault); ces deux méthodes nécessitent une assez grande quantité de matière, de sorte que la valeur obtenue est assez près de la valeur moyenne.

Dans la première méthode, un transformateur à circuit magnétique fermé, employant environ 5^k de fer, est recouvert d'une bobine magnétisante en deux parties. Lorsque ces parties sont réunies, elles entourent le noyau de fer, et les connexions entre elles sont établies à l'aide de godets à mercure. Les mesures courantes se font à une induction et une fréquence toujours les mêmes. Pour les recherches spéciales, on tient compte de la forme du courant.

Cette méthode est commode pour les essais de réception des tôles et la vérification de leur recuit; un employé peut faire de 20 à 50 essais par jour. Dans le calcul des résultats, il faut tenir compte des pertes dans la bobine elle-même et dans les appareils de mesure; on doit noter la température pendant l'essai.

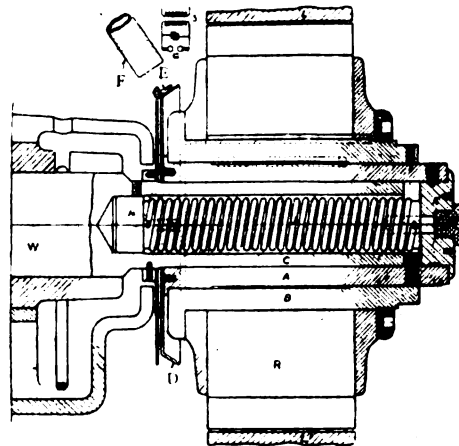
Dans la seconde méthode on construit avec la tôle à essayer un induit de dynamo à courant continu, d'un modèle courant, pesant environ 60^k. Cet induit est monté sur l'axe d'un dynamomètre à ressort, et il peut tourner sous l'action d'un moteur électrique. Le fer essayé est placé dans un inducteur de dynamo dont le champ est excité. La lecture du dynamomètre et la mesure du nombre de tours fournissent les données nécessaires.

Le dynamomètre est monté sur le bout de l'arbre W du moteur (*fig. 1*). Un ressort à boudin est fixé en H à l'arbre, et en K il est solidaire d'un manchon A qui peut tourner autour du prolongement C de l'arbre. Le faisceau de tôle essayé R est monté sur le manchon A; L, L' sont les inducteurs.

(1) Les mesures magnétiques industrielles ont une importance que M. Skinner justifie de la façon suivante : « Les États-Unis emploient annuellement, pour les usages électrotechniques, 45 000 de tonnes de tôle de fer, et l'on calcule que 20 pour 100 de cette quantité de fer travaille constamment. Si l'on admet une perte par hystérésis de 3,3 watts par kilogramme, la puissance dépensée est de 30 000 kilowatts, ce qui présente une perte annuelle de 1 000 000 de francs! »

Un index E, fixé à l'arbre W, se déplace devant un cercle divisé D, de 200^{mm} de diamètre porté par le manchon B; le déplacement de E, par rapport à D, indique la grandeur de la torsion subie par le

Fig. 1.



ressort. Pour faire les lectures pendant la marche, le cercle divisé est éclairé une fois pour toutes par une étincelle qui éclate en G au moment du passage de l'index devant l'observateur.

La mesure du nombre de tours est faite à l'aide d'une magnéto calée sur l'arbre et d'un voltmètre. On peut mesurer l'induction à laquelle le fer est soumis à l'aide d'une bobine d'essai logée dans une des rainures de l'induit.

Cette méthode permet de se rendre compte non seulement des qualités du fer essayé, mais encore de la valeur isolante du papier qui sépare les tôles.

Pour les essais de vieillissement, le fer est maintenu entre 80° et 100° pendant 20 à 30 jours. Pour des recherches particulières, ce temps est porté jusqu'à 6 ou 12 mois. Le four d'étuvage a deux chambres : une à 60°-65°, ce qui correspond à la température normale des dynamos; l'autre, à 95°, sert à accélérer le vieillissement. H. A.

Projection des courbes de courant avec le tube de Braun, par F. WITTMANN. (*Ann. de Phys.*, t. XIV, p. 433-424, juillet 1904). — L'auteur donne la préférence à l'oscillographe sur le tube de Braun. M. L.

Appareils de mesures à lecture directe pour tableaux, par K. EDGECEMBE et F. PONGA. (*Electrical Review*, Londres, t. LIV, p. 741 et 761). — Les auteurs ont lu, devant l'Institution of Electrical Engineers de Londres, un long travail sur les instruments de mesures à lecture directe, dans lequel ils passent en revue les inconvénients et les avantages des différents appareils couramment employés aujourd'hui : ampèremètres et voltmètres, wattmètres, phasemètres et compteurs, ainsi que les transformateurs de mesures. Du résumé publié par l'*Electrical Review*, on ne peut guère tirer de nouveau que les Tableaux suivants dans lesquels les auteurs indiquent les différentes erreurs, d'ordre

électrique, que peuvent donner les ampèremètres et voltmètres d'usage courant.

	HYSTÉ- RÉSIS.	ERREUR de température pour 10°.	INFLUENCE d'un conducteur traversé par un courant de 1000 ampères, situé à 1".
Voltmètres à bobine mo- bile.....	0	0,01 %	0,2 %
Ampèremètres à bobine mobile.....	0	0,75 %	0,2
Voltmètres à fer mo- bile.....	1 %	0,5 %	0,25 à 1 % se- lon que l'appareil est pro- tégé ou non.
Ampèremètres à fer mo- bile.....	1 %	0	
Voltmètres thermiques..	0	0,75	0
Ampèremètres ther- miques.....	0	1,5	0

Sur courant alternatif.

	HYSTÉ- RÉSIS.	ERREUR de température pour 10°.	INFLUENCE d'un conducteur traversé par un courant de 1000 ampères, situé à 1".	INFLUENCE d'une variation de fréquence de 40 à 60 pé- riodes.
Voltmètres à fer mobile.....	0	0,5 %	0,25 à 1 % se- lon que l'appareil est pro- tégé ou non.	1 %
Ampèremètres à fer mobile....	0	0		0,5 %
Voltmètres ther- miques.....	0	0,75 %	0	0
Ampèremètres thermiques...	0	1,5 %	0	0
Voltmètres à in- duction.....	0	0,5 %	0,5 %	4 %
Ampèremètres à induction.....	0	1,0 %	0,5 %	15 %

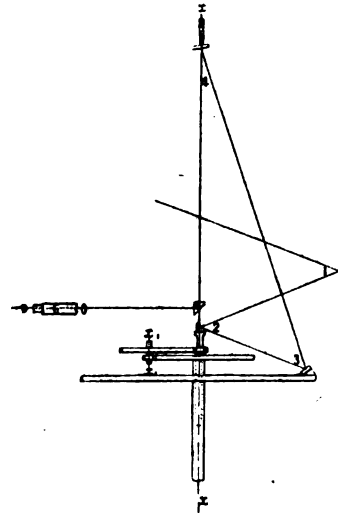
Il faut ajouter à ces erreurs électriques les erreurs instrumentales que W. Marek estime, pour les instruments les plus précis, dans lesquels le cadran est muni d'un miroir destiné à éviter l'erreur de parallaxe, aux valeurs suivantes : erreurs de lecture, $\pm 0^{\text{mm}},07$; erreurs de frottement, $< 0^{\text{mm}},10$ et erreurs de calibrage, $\pm 0^{\text{mm}},05$ à $0^{\text{mm}},10$, ce qui fait au total $0^{\text{mm}},1$ à $0^{\text{mm}},2$ d'erreur non électrique. Par suite, si, comme dans beaucoup d'instruments, la longueur de l'échelle est de 75^{mm} , l'erreur relative instrumentale atteint 0,12 à 0,25 pour 100.

Dispositif pour la lecture des déviations, permettant d'augmenter la sensibilité sans accroître ni les dimensions ni la perte de lumière. par J. TAUDIN-CHABOT. (*Phil. Mag.*, 6^e série, t. VIII, juillet 1904, p. 111-113.) — La lumière venue de l'échelle se réfléchit sur les miroirs 2 et 3, puis sur le miroir 4 dont on veut mesurer l'angle de déviation, sur le prisme à réflexion totale 5 et pénètre dans la lunette 6.

Le miroir 4 tourne autour de xx comme axe. Les deux autres, 2 et 3, sont animés d'un mouvement de rotation continu autour du même axe et de telle sorte que la vitesse

angulaire du miroir 2 soit n fois (n entier) celle du miroir 3. Cette rotation est produite par une petite turbine à air montée sur l'axe du miroir 3. La vitesse doit être suffisante pour que l'image de l'échelle soit continue : un robinet permet de régler l'arrivée du vent de manière à obtenir cette vitesse.

Le fonctionnement est le suivant : Pendant un tour du miroir 3 autour de xx , les miroirs 2, 3, 4 se trouvent une seule fois en correspondance optique, et la lumière de l'échelle arrive une seule fois pendant un instant à l'œil de l'observateur. Lorsque le miroir 4 est dévié d'un certain angle α autour de xx , la position pour laquelle les miroirs 4 et 3 sont en correspondance est déplacée de l'angle α dans un



sens ou dans l'autre suivant que la déviation α est dans le sens de la rotation de 3 ou en sens contraire. Au moment où il y a correspondance, le miroir 2 qui tourne n fois plus vite que 3, se sera déplacé d'un angle $n\alpha$. Il s'ensuit que la lumière réfléchiée sur les miroirs 2, 3, 4 proviendra d'un point de l'échelle situé à une distance angulaire $n\alpha$ du point correspondant à la position initiale du miroir 4.

Les directions des rayons 2-3, 3-4 et 4-5 sont dans un même plan et ce plan est entraîné dans la rotation du miroir 5 autour de xx .

La sensibilité croît quand on fait croître le rapport n des vitesses sans que les dimensions de l'appareil ou les pertes de lumière augmentent. M. L.

Sur l'emploi du fer dans les instruments à courant alternatif, par W.-E. SUMPNER. — Communication à la section de Birmingham de l'Institution of Electrical Engineers, le 23 nov. (*Elect. Review*, Lond., t. LV, p. 964-967, 9 déc.; *Electrician*, t. LIV, p. 280 et 318, 2 et 9 déc.).

Indicateurs de facteur de puissance, par H.-W. RICHARDSON (*Elect. Wo. a. Eng.*, t. XLIV, p. 1089, 24 déc.). — L'auteur insiste particulièrement sur un indicateur de la General Electric Co, dont il donne la théorie.

Étude sur les essais magnétiques, par G.-F. SEARLE. Communication faite à la séance du 7 déc. de l'Institution of Electrical Engineers. (*Electrician*, t. LIV, p. 313-316, 359-361 et 397-399, 9, 16 et 23 déc.).

La mesure du potentiel des électrodes dans les électrolytes en repos, par H.-J. SAND. (*Electrochemical Industry*, t. II, p. 486, déc. 1904). — Extrait d'un Mémoire présenté à la Faraday Society, de Londres, le 25 octobre.

DIVERS.

Sur les rayons cathodiques et les lois de l'électromagnétisme, par P. VILLARD. Note présentée à la séance du 26 décembre de l'Académie des Sciences (*Comptes rendus*, t. CXXXIX, p. 1200). — A la suite de la Communication de M. Villard, sur les rayons cathodiques, à la séance du 3 juin de la Société française de Physique (voir *Rev. élect.*, t. I, p. 347, 15 juin 1904), M. Pellat faisait remarquer que quelques-uns des phénomènes observés par M. Villard confirmaient l'existence de la magnétofriction et il développait cette observation dans deux Notes présentées aux séances du 30 juin et du 12 juillet de l'Académie des Sciences. Dans la Note qui nous occupe, M. Villard montre que les spirales formées par les rayons cathodiques soumis à un champ magnétique ont une forme complètement d'accord avec celle que permet de prévoir les lois de l'électromagnétisme et ne présentent aucune anomalie pouvant faire supposer l'existence d'un frottement magnétique quelconque des corpuscules.

Sur la thermo-électricité des alliages d'aluminium, par H. PÉCHEUX. Note présentée à la séance du 26 décembre de l'Académie des Sciences (*Comptes rendus*, t. CXXXIX, p. 1203). — L'auteur a mesuré, par la déviation d'un galvanomètre Thomson, la force électromotrice de couples thermo-électriques constitués par une baguette de cuivre et une baguette d'aluminium ou d'un des alliages de ce métal avec l'étain, le plomb, le bismuth, le magnésium, l'antimoine, le zinc. De tous les alliages étudiés, le Zn-Al^6 et le Zn-Al^{10} sont ceux qui présentent le plus grand pouvoir thermo-électrique par rapport au cuivre.

Les hypothèses dans l'évaluation des différences de potentiel au contact par J. GUINCHANT. Mémoire présenté au Congrès de Grenoble de l'Association française pour l'avancement des Sciences. — L'auteur fait d'abord remarquer que dans les théories thermodynamiques (Thomson, Helmholtz) établies pour trouver la force électromotrice d'un couple voltaïque, on admet que la température T est une variable indépendante, alors cependant que l'effet Joule et l'effet Peltier introduisent une variation dT qui dépend de la quantité d'électricité transportée et de la concentration. La théorie de Nernst procède en quelque sorte en sens inverse : admettant dès le début les lois de la théorie de la dissolution, elle applique ensuite la Thermodynamique à la détermination du travail accompli dans la pile. Toutes les théories de la pile contiennent donc un certain nombre d'hypothèses. La vérification expérimentale des conséquences des théories pourrait sans doute être considérée comme une démonstration *a posteriori* de ces hypothèses, si dans cette vérification on n'introduisait pas de nouvelles hypothèses. Malheureusement, on en introduit consciemment ou inconsciemment, et c'est cette introduction d'hypothèses que l'auteur cherche à mettre en relief dans son Mémoire.

Ces hypothèses nouvelles se trouvent introduites lors de l'évaluation de la force électromotrice au contact des diverses substances formant l'élément de pile. L'expérience ne peut en effet nous fournir que la force électromotrice entre les pôles de même nature M de la pile, force électromotrice de la forme $M|L + L|L_1 + \dots + L|M' + M'|M$; pour en avoir chacun des termes il faut toujours faire une hypothèse.

Prenez d'abord la théorie de Nernst. L'étude expérimentale des piles de concentration, en vérifiant les déductions théoriques de Nernst, permet d'évaluer la valeur de la force électromotrice $L|L'$ au contact de deux dissolutions par l'application de la formule logarithmique trouvée par Nernst. Mais lorsqu'il s'agit d'évaluer une force électromotrice $M|L'$ entre un métal et un liquide, il faut admettre que la formule

applicable au calcul de $L|L'$ l'est aussi au calcul de $M|L'$, il faut introduire l'hypothèse de la pression de dissolution, pression qui ne peut être déterminée directement par l'expérience. Enfin pour évaluer $M|M'$, il faut, avec Riecke, faire une nouvelle hypothèse : admettre qu'il existe au contact de deux métaux une sorte de diffusion mutuelle des particules.

Une autre voie pour évaluer la force électromotrice des divers contacts d'un couple consiste à faire usage des phénomènes électrocapillaires; dans cette voie encore des hypothèses interviennent; on bien l'on admet que la différence de potentiel entre le mercure et un électrolyte est nulle quand la constante capillaire prend par polarisation sa valeur maximum, ou bien l'on admet que le mercure s'écoulant par goutte dans un électrolyte se met au même potentiel que l'électrolyte. Ces hypothèses permettent l'évaluation de la différence de potentiel entre le mercure non polarisé et l'électrolyte, puis celle de la différence de potentiel entre deux électrolytes. Quant à l'évaluation de la différence de potentiel entre un métal quelconque et un électrolyte, elle exige une nouvelle hypothèse : c'est qu'elle est la même qu'entre un amalgame saturé du métal et l'électrolyte.

Si l'on compare les valeurs numériques des forces électromotrices au contact calculées par les formules de Nernst avec celles des différences de potentiel au contact fournies par la méthode de l'électromètre capillaire, on constate qu'elles sont sinon identiques, du moins du même ordre de grandeur pour les contacts métal-métal et métal-électrolyte, mais qu'elles diffèrent notablement pour les contacts électrolyte-électrolyte. Pourrait-on de cette divergence conclure à l'inexactitude de la théorie de Nernst, ou à celle des hypothèses de la méthode électrométrique? Non, car on pourrait tout aussi bien expliquer la divergence en disant que les forces électromotrices et les différences de potentiel sont des grandeurs différentes. J. B.

Force exercée sur une particule magnétique dans un champ magnétique, par A. ANDERSON. (*Phil. Mag.*, 6^e série, t. VIII, p. 38-43, juillet 1904). — Dans un champ magnétique qui admet un potentiel, la force qui agit sur une particule magnétique suit la direction le long de laquelle le champ croît le plus rapidement. — Il n'en est plus forcément ainsi quand le champ n'admet pas de potentiel (champ produit par des courants). Dans ce cas, la force est contenue dans un plan qui passe par la perpendiculaire commune au courant et au champ et par la direction suivant laquelle le champ croît le plus vite.

Influence de la torsion sur le moment magnétique des fils de nickel et de fer aimantés circulairement, par H. GERDIEN. (*Ann. de Phys.*, t. XIV, p. 51-86, juin 1904).

— Si l'on fait varier la torsion d'un fil suivant un cycle, le moment d'aimantation longitudinale varie aussi suivant un cycle. — Dans les fils de nickel, la torsion provoque une aimantation longitudinale de sens opposé au courant qui produit l'aimantation circulaire, si la torsion est à droite, de même sens si la torsion est à gauche. Dans les fils de fer c'est l'inverse. Le moment est en retard sur la torsion ou en avance suivant que les limites d'élasticité sont ou non dépassées. L'amplitude de variation du moment par un même champ circulaire croît avec l'amplitude de la torsion; toutes choses égales d'ailleurs, elle est plus grande dans les fils écrouis que dans les fils recuits.

La charge d'un câble à travers un condensateur et une résistance, par OLIVER HEAVISIDE. (*Electrician*, t. LIV, p. 394-397, 23 déc.). — Étude purement mathématique.

L'électrolyse de l'acétate de potassium, par F. FENSTER et A. FIGUET. (*Zeitschrift für Elektrochemie*, t. X, p. 924, 2 décembre 1904).

BIBLIOGRAPHIE.

Résistance, Inductance et Capacité, par J. RODET, Ingénieur des Arts et Manufactures. Un vol., format 23^{cm} × 15^{cm}, 257 pages, 76 figures, Gauthier-Villars, éditeur. Prix : broché, 7^{fr}.

La résistance, l'inductance et la capacité constituent trois propriétés des conducteurs dépendant de leur nature, de leurs forme et dimensions et de leurs positions relatives. L'étude de ces trois propriétés peut donc former un ensemble homogène, car, si elle suppose que l'on possède les principes généraux de l'électricité, elle n'en exige pas la connaissance approfondie.

M. Rodet a admirablement tiré parti de cette pseudo-indépendance des sujets traités avec les autres parties de l'électricité pour faire un Ouvrage fort bien ordonné où les faits, lois et conséquences apparaissent logiquement; en d'autres termes, pour présenter d'une façon très didactique et rassembler en un tout très bien lié des sujets généralement éparés dans les traités complets d'électricité.

Chacun des sujets constitue l'objet d'un chapitre, commençant par les définitions de la propriété envisagée et des unités de mesure, se continuant par la recherche des formules qui en donnent la valeur dans les cas particuliers les plus souvent rencontrés en pratique et se terminant par l'exposé des procédés utilisés pour sa mesure.

Dans le chapitre *Résistance*, nous notons, outre de nombreux Tableaux utiles en pratique, des considérations fort intéressantes sur les isolants et les isolateurs et sur les résistances « à sens unique », c'est-à-dire les redresseurs électrolytiques et le redresseur Cooper-Hewitt à vapeur de mercure. Dans le chapitre *Inductance*, nous signalerons particulièrement la partie consacrée à l'inductance des canalisations et celle où est exposé le calcul des bobines d'inductance. Enfin tout le dernier chapitre, *Capacité*, présente un intérêt spécial en raison du rôle important que joue la capacité dans les conducteurs traversés par des courants alternatifs.

Rassemblant de nombreuses Notes recueillies dans divers périodiques en vue d'applications industrielles, cet Ouvrage s'adresse particulièrement aux Ingénieurs électriciens s'occupant des courants alternatifs; nul doute qu'ils ne tirent profit de sa lecture. J. B.

Électrotechnique appliquée, par A. MAUDUIT, ancien élève de l'École Polytechnique, Professeur à l'Institut électrotechnique de Nancy, avec préface de A. BLONDEL, professeur à l'École des Ponts et Chaussées. Un vol., format 25^{cm} × 16^{cm}, xvi-814 pages, 557 figures. V^{re} Ch. Dunod, éditeur, 49, quai des Grands-Augustins. Prix : broché, 25^{fr}; cartonné, 27^{fr}, 50.

Plus de six mois se sont écoulés depuis la publication de cet Ouvrage; que l'auteur, l'éditeur et surtout nos lecteurs veuillent bien nous excuser d'avoir tant tardé à en faire la présentation dans ces colonnes. Mais l'œuvre de M. Mauduit n'est pas de celles que l'on peut juger en les parcourant; il faut la lire complètement, voire même l'étudier, et quelques jours ne pouvaient suffire pour cette tâche.

Disons immédiatement que la tâche nous a été agréable et que c'est avec un véritable plaisir que nous avons lu certains chapitres où se trouvaient condensées et exposées avec clarté bon nombre de notions dont nous n'avions qu'une idée fort imparfaite faute de coordination. C'est qu'en effet l'une des qualités de l'auteur est une impeccable logique qui lui fait discuter et parfois répudier tout ce qui n'est pas rigoureusement démontré par la théorie ou par l'expérience.

Cette qualité, qui suffirait à elle seule à faire de l'Ouvrage une œuvre véritablement originale, se trouve d'ailleurs heureusement associée avec une érudition remarquable, acquise tant par la lecture des périodiques que par des travaux personnels et la pratique de la construction des machines, construction dont l'auteur s'est occupé pendant plusieurs années avant de professer à l'Institut de Nancy. Aussi l'Ouvrage se distingue-t-il des Ouvrages d'Électrotechnique publiés jusqu'ici par une plus large part accordée à la technique *appliquée*, caractère distinctif que l'auteur a d'ailleurs voulu indiquer par le choix du titre et qu'il lui était permis d'accentuer dans son Cours, celui-ci s'adressant à des élèves ayant déjà suivi un Cours d'Électrotechnique générale.

La place nous manquant pour pouvoir insister comme il conviendrait sur le contenu de l'Ouvrage, disons seulement que, des sept chapitres qu'il renferme, les quatre premiers, formant 413 pages, sont consacrés aux essais, calculs et construction des machines à courant continu et à courants alternatifs et les trois suivants à l'étude des réseaux d'éclairage et de transmission de force motrice et à celle de la traction électrique, et enfin à quelques compléments sur les courants alternatifs.

J. BLONDIN.

L'Électricité pour tous, par H. DE GRAFFIGNY.

Un vol., format 25^{cm} × 16^{cm}, 323 pages, 275 figures. E. Bernard, éditeur, 29, quai des Grands-Augustins. Prix : broché, 5^{fr}; cartonné, 6^{fr}.

Ouvrage de vulgarisation scientifique, ayant principalement en vue l'exposé des applications les plus importantes de l'électricité; il sera prochainement suivi d'un autre ouvrage du même genre : *La Mécanique pour tous*.

(¹) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

La traction électrique sur les chemins de fer.

Si la traction électrique n'a pas encore supplanté la traction à vapeur sur les grandes voies ferrées, comme le voudraient quelques impatients, elle a, depuis 1 an, fait des progrès marqués dans le domaine qui lui est provisoirement assigné : les lignes métropolitaines et les lignes de banlieue.

En octobre, nous avons à enregistrer l'ouverture au public de la ligne III du Métropolitain de Paris; en novembre, le nouveau Métropolitain souterrain de New-York est mis en service sur une longueur de 32^{km}; enfin, dans le courant de décembre, la traction à vapeur fait place à la traction électrique sur la section comprise entre Baker Street et Uxbridge du Métropolitain de Londres.

Si nous passons aux lignes de banlieue, nous avons à rappeler les lignes de la banlieue de Newcastle, équipées électriquement par le North-Eastern Railway sur une longueur de 60^{km} environ et dont une description a été donnée dans *La Revue électrique* du 30 mars (t. I, p. 173-176); la ligne de Liverpool à Southport et Crossens, de 37^{km}, mise en service le 5 avril dernier et décrite dans *La Revue électrique* du 30 juin (t. I, p. 336-342 et p. 351), enfin, la ligne de Paris à Juvisy, de 23^{km}, inaugurée en juillet et dont la description est publiée en partie dans ce numéro.

Ajoutons qu'aux États-Unis, où l'on compte déjà plusieurs réseaux de banlieue exploités électriquement, et de nombreuses lignes électriques interurbaines que l'on pourrait assimiler à des lignes de banlieue, la New-York Central and Hudson River Railroad C^e ne tardera pas à produire la traction électrique mixte, sur une longueur de 50^{km} à 60^{km} à partir de New-York, pour toutes les lignes de son réseau partant de cette ville; déjà une bonne partie de l'équipement électrique est installée et, le 12 novembre dernier, avaient lieu des essais publics d'une locomotive électrique de 95 tonnes capable de remorquer 8 wagons d'un poids total de 336 tonnes à la vitesse de 100 km : h ou 4 wagons pesant 170 tonnes à la vitesse de 115 km : h.

Ce développement de la traction électrique est de bon augure, car, si ce mode de traction s'est trouvé souvent imposé par des considérations particulières (absence de fumée pour les lignes souterraines, démarrages rapides pour les trains à arrêts fréquents), il est des cas, comme celui de la ligne de Liverpool à Crossens et celui du New-York Central and Hudson River Railroad, où l'économie a été la principale raison de la substitution de l'électricité à la vapeur.

« Électrification » du Métropolitain de Londres.

Le mardi 10 décembre les premiers trains électriques ont circulé sur le Métropolitain londonien où la traction à vapeur régnait en maîtresse depuis près d'un demi-siècle.

C'est en effet vers 1862 que furent commencés les tra-

voux du Métropolitain de Londres. A la vérité il ne comprenait alors qu'une ligne de 6^{km}, 300, s'étendant de Farrington Street à Bishop's Road, construite par le Great Western Railway. Mais dès la même année le Metropolitan Railway C^e acquérait la propriété de cette ligne et s'empressait de la prolonger de manière à constituer la ligne circulaire entièrement souterraine connue sous le nom de *Inner Circle*.

Pendant longtemps l'odeur suffocante de la fumée sulfureuse que dégage le charbon brûlé par les locomotives fut considéré par les Londoniens comme un mince inconvénient comparé aux avantages d'un transport rapide. Mais à mesure que la circulation des trains devenait plus active, l'air du tunnel devenait de plus en plus irrespirable. D'autre part, l'ouverture en 1890 de la ligne à traction électrique de City and South London, puis celle, en 1898, de la ligne du Waterloo and City et enfin la mise en exploitation en 1900 du Central London, apprirent aux Londoniens qu'il était possible d'être transporté rapidement sans risquer pour cela d'être asphyxié par la fumée. Aussi les récriminations du public allèrent-elles *crescendo*.

Déjà en 1896 les protestations étaient si vives qu'en février 1897 le Board of Trade nomma une commission chargée d'examiner les améliorations qu'il convenait d'apporter à la ventilation du tunnel, et en octobre de la même année cette commission concluait que le seul moyen de remédier aux inconvénients signalés était la substitution de la traction électrique à la traction à vapeur.

L'adoption de cette solution rencontra malheureusement des difficultés qu'il n'est pas inutile de rappeler. Le *Inner Circle* n'appartenait plus exclusivement à la Metropolitan Railway C^e. Celle-ci avait cédé une partie de ses droits à la Metropolitan District Railway C^e qui dessert la banlieue de Londres par des lignes se raccordant au *Inner Circle*. Or cette dernière Compagnie, dont les lignes sont le plus souvent à ciel ouvert, était opposée à la substitution de la traction électrique à la traction à vapeur.

Toutefois, après des pourparlers difficiles, une somme de 500 000^{fr} fut votée par les deux compagnies pour l'équipement électrique, à titre d'essai, d'une section de 1500^m du *Inner Circle*, entre Earl's Court et High street. La mise en service de ce tronçon eut lieu en mai 1900; la traction y était effectuée par courant continu à 500 volts avec prise par troisième rail.

Les résultats de cet essai furent satisfaisants. D'autre part, l'ouverture du Central London en juin 1900 ayant amené une diminution des recettes de plus de 40 000^{fr} par semaine sur le *Inner Circle*, les deux compagnies propriétaires du Métropolitain paraissaient très disposées à donner satisfaction à leur clientèle. Toutefois, avant de s'engager dans une opération aussi coûteuse, elles jugèrent bon de rechercher s'il n'y aurait pas de solution meilleure que l'emploi du courant continu à basse ten-

sion. Dans ce but, elles demandèrent, en janvier 1901, des propositions à neuf grandes maisons de construction et chargèrent Sir W. Preece et M. T. Parker de les examiner. Le choix des experts se porta sur le projet présenté par la maison Ganz et C^o, de Budapest, préconisant l'emploi de courants triphasés à haute tension avec moteur fonctionnant sous 3000 volts. La Metropolitan Railway C^o accepta ce choix, mais la Metropolitan District Railway C^o, qui était passée aux mains de financiers américains, ne voulut pas l'accepter.

Un arbitre, the Hon. A. Lyttleton, fut chargé d'examiner la question, M. H.-F. Parshall, représentant la District C^o, M. T. Parker la Metropolitan C^o. Vainement, M. Blathy, ingénieur de la maison Ganz, appuyé par les professeurs Ewing et J. Thompson et par le major Cardew, firent valoir que le système Ganz procurerait une économie de 4 millions sur les dépenses de premier établissement et de 400 000^f sur les frais annuels d'exploitation. Par jugement en date du 15 novembre 1901, l'adoption du courant continu fut décidée.

Cette solution ayant été acceptée par la Metropolitan C^o les travaux furent poussés avec activité et dans un avenir prochain 42^{km} de voie seront équipés électriquement.

Méthode d'Örlikon pour le démarrage des moteurs asynchrones avec rotor en court-circuit.

Les moteurs triphasés avec rotor en court-circuit présentent de grandes qualités de simplicité parce qu'ils ne comportent aucun contact mobile. Pourtant ils n'étaient employés jusqu'à présent que pour des puissances de quelques chevaux, à cause de l'intensité très grande développée dans le rotor au moment du démarrage. Les moteurs asynchrones un peu puissants étaient construits avec trois bagues sur le rotor pour permettre l'introduction des résistances et réduire ainsi l'intensité dans celui-ci au moment du démarrage.

Un artifice consiste à démarrer avec les connexions en triangle et à passer ensuite au montage en étoile. On peut réduire ainsi au tiers le courant de démarrage, mais on réduit dans la même proportion le couple au démarrage.

La Compagnie d'Örlikon emploie une autre méthode consistant à effectuer divers groupements successifs des bobines du stator, de manière à réaliser un moteur ayant d'abord 16 pôles, puis 12, puis 8, puis 6. Le courant circulant dans le rotor est alors faible au début (il passe de 100 à 350 ampères), en même temps que le couple est maximum au démarrage (il passe de 25 à 13), ce qui est très avantageux. La Compagnie d'Örlikon peut de cette manière construire des moteurs jusqu'à 50 chevaux avec rotor sans bagues, au prix, évidemment, de quelques inconvénients : le glissement est supérieur de 1 à 2 pour 100 et le rendement inférieur de 1 pour 100 à ce qui existe dans un moteur à bagues, enfin le courant est interrompu dans l'intervalle très court des changements du nombre de pôles, ce qui, le plus souvent, n'a pas d'importance mais peut être gênant dans certains cas.

L'Exposition Internationale de Saint-Louis; les récompenses.

La liste des récompenses décernées aux exposants français par le Jury international n'occupe pas moins

de 34 pages d'un format double de celui de cette Revue imprimées sur trois colonnes. Nous reproduisons ci-dessous les noms des exposants récompensés du département F (Électricité) comprenant les groupes 67 à 71 :

GROUP 67 (Production et utilisation mécanique de l'Électricité). — *Grands Prix* : Société alsacienne de Constructions Mécaniques. Société l'Éclairage électrique. Société le Carbone.

Médailles d'or : Compagnie de tréfilerie du Havre (anciens établissements Lazare Weiller). Compagnie française des câbles télégraphiques. François, Grillou et C^o. Geoffroy et Delore. Grammont. Hillairet et Huguet. Holzschuch et Bonnemaïson. Poilly de Brigode. Société française des câbles électriques (systèmes Berthoud, Borel et C^o). Société Gramme.

Médailles d'argent : Société anonyme des anciens établissements Parvillée frères et C^o. Société pour l'exploitation des brevets Dolter.

Médaille de bronze : Fontaine-Souverain.

GROUP 68 (Électrochimie). — *Médailles d'or* : Bardon. Belliol et Reiss. Fredel. Leclanché et C^o. Société française des électrodes.

Médaille de bronze : Delafon.

GROUP 69 (Éclairage électrique). — *Grands prix* : Compagnie générale d'électricité.

Médailles d'or : Berne fils. Compagnie française de charbons pour l'électricité. Vigreux et Brillié. Société française d'appareillage électrique. Weissmann.

Médailles d'argent : Bardon. Clerc.

Médaille de bronze : Belliol et Reiss.

GROUP 70 (Télégraphie et Téléphonie). — *Grand prix* : Administration des Postes, Télégraphes et Téléphones. Société industrielle des Téléphones. — *Grand prix en collectivité* : Ducretet, Blondel, Richard.

Médailles d'or : Darras. Grammont. Paz et Silva. Chef du service des Postes et Télégraphes à Tananarive.

Médailles d'argent : Gaillard. Mildé et fils.

GROUP 71 (Applications diverses de l'Électricité). — *Grand Prix* : Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz.

Médailles d'or : Appareillage électrique Grivolais. Dr Bergonié. Chauvin et Arnoux. Compagnie française de compteurs (système Aron). Hillairet-Huguet. Radiguet et Massiot. Gaston Roux. Société anonyme d'électricité et d'automobiles Mors. Société Gramme.

Médailles d'argent : Ancel. Association coopérative ouvrière de production (ouvriers en instruments de précision). Bardon. Compagnie de constructions électriques. Compagnie continentale pour la fabrication des compteurs. Vaudrey.

Médailles de bronze : Bagrachow. Boudréaux. Lordereau. Woittequand.

Parmi les exposants récompensés dans les autres groupes, nous relevons :

GROUP 10 (Appareils de Physique). — *Grands prix* : Pellin.

Médaille d'or : Radiguet.

GROUP 28 (Travaux publics). — *Grands prix* : Daydé et Pillé. Le Blanc et fils.

GROUP 49 (Éclairage non électrique). — *Grand prix en collectivité* : Société commerciale du carbure de calcium; Bullier; Compagnie française des carbures de calcium; Compagnie générale d'Électrochimie; Société d'Électrochimie; Société des carbures métalliques; Société des usines électriques de Lonza; Société des usines électrochimiques de Campagna; Société électrochimique du Giffre; Société électrochimique de Saint-Béron; Société française d'entreprises et d'exploitations électriques; Société hydroélectrique des Pyrénées.

GROUPE 62 (Machines à vapeur). — *Grands prix* : Associations françaises des propriétaires d'appareils à vapeur. Fouché. Nielausse. Société des établissements Delaunay-Belle-ville.

Médaille d'or : Société de Laval.

GROUPE 64 (Mécanique générale). — *Grand prix* : Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz.

GROUPE 74 (Chemins de fer et tramways). — *Hors concours* : Compagnie du Métropolitain de Paris.

Grands prix : Société Westinghouse. Société franco-alsacienne de Belfort.

GROUPE 118 (Métallurgie). — *Grand prix* : Société électrométallurgique de Froges.

Médaille d'or : Société anonyme électrométallurgique (d'Albertville).

Sociétés savantes et techniques.

Pour répondre au désir exprimé par quelques-uns de nos lecteurs, les comptes rendus des séances des sociétés savantes et techniques seront désormais insérés dans la seconde partie (Analyses et Comptes rendus) de chaque numéro.

Cette disposition est évidemment très logique, et nous l'avons adoptée dès le début; si nous y avons renoncé pour les comptes rendus des sociétés françaises, c'est que ces comptes rendus nous étant généralement remis au dernier moment, il en résultait des difficultés matérielles de mises en pages que nous espérons avoir résolues.

Nous continuerons cependant, sous la rubrique ci-dessus, à donner ici, sur les séances des sociétés françaises et étrangères, les informations les concernant.

ACADÉMIE DES SCIENCES. — Dans sa séance du 26 décembre l'Académie, présidée par M. Mascart, a procédé à la nomination d'un vice-président qui devait être choisi dans l'une des sections des Sciences mathématiques. M. H. Poincaré a été élu à l'unanimité; suivant l'ordre établi, il sera président en 1906.

Elle a ensuite procédé à la nomination de deux membres de la Commission administrative. MM. Bornet et Maurice Lévy ont été élus à l'unanimité.

M. Troost, vice-président pour l'année 1904, a pris la présidence à la séance du 2 janvier.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS. — La séance ordinaire de janvier, qui devait avoir lieu le mercredi 4, a été reportée, en raison des fêtes du nouvel an, au mercredi 11. L'ordre du jour appelle une Communication de M. R.-V. PICOU sur les *Courants de Foucault dans les machines à courant continu*, et une Communication de M. MAURICE LEBLANC sur les *Étouffeurs d'harmoniques*. Les analyses de ces Communications seront publiées dans le prochain numéro de ce journal.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE. — L'ordre du jour de la séance du 6 janvier ne comportait, bien que très chargé, aucune Communication concernant l'électricité. Signalons, toutefois, comme ayant quelque rapport lointain avec cette partie de la Physique, la Communication de M. d'ARSONVAL sur la *Lumière oxyacétylénique* et celle de M. MÉKER sur la *Production des très hautes températures avec le gaz d'éclairage*.

Informations diverses.

GÉNÉRATION. — D'après *Electrical World and Engineer*, un groupe d'ingénieurs vient d'étudier un intéressant projet d'utilisation de la différence de niveau de 90^m entre les eaux du lac Erié et du lac Ontario, lacs entre lesquels est située la chute de Niagara. Ce projet consiste à renverser le cours naturel de la rivière Chippewa qui prend sa source à quelques kilomètres des rives du lac Ontario pour aller se jeter dans la rivière de Niagara, un peu au-dessous du point où cette dernière sort du lac Erié. Quelques travaux d'approfondissement du lit de la Chippewa et le creusement d'un canal depuis sa source actuelle jusqu'au lac Ontario permettraient le renversement du cours de l'eau sans très grandes dépenses. On utiliserait ainsi la différence des niveaux des deux lacs beaucoup mieux qu'il n'est possible de le faire actuellement avec la chute de Niagara, laquelle, par suite des rapides qui la précèdent et qui la suivent, ne permet d'utiliser que 50^m. En outre, les nouvelles usines génératrices seraient placées à une assez grande distance des usines actuelles de Niagara et trouveraient dès lors plus de facilités pour le placement de leur énergie électrique.

— Une Société s'est formée récemment en Angleterre pour l'exploitation de dynamos et moteurs du type dit *zone*, caractérisé par le fait que les bobines d'inducteurs ne sont pas enroulées autour des masses polaires, mais sont placées *entre* ses pôles, c'est-à-dire suivant l'axe de la zone neutre; les cornes des pôles sont étendues de manière que les bobines excitatrices soient presque enfermées dans le circuit magnétique formé par la culasse de l'inducteur, les pôles et le fer de l'induit. Cette disposition rend la construction de l'enroulement d'excitation plus facile et bien plus légère, d'où diminution de poids importante de la machine et accessoirement petite augmentation du rendement parce que la perte Joule est un peu plus faible. J.

TRACTION. — L'application de l'électricité à la traction sur le chemin de fer élevé de Manhattan (New-York) a permis de comparer les prix de revient de la traction électrique avec celui de la traction à vapeur utilisée sur ce chemin de fer jusqu'en 1903. Cette comparaison a conduit aux chiffres suivants pour les frais d'exploitation (en centimes) par kilomètre parcouru :

	Électricité.	Vapeur.
Entretien de la voie et travaux d'art.	3,54	3,07
Entretien de l'usine centrale et matériel.	4,38	4,31
Coût de la force motrice	21,52	30,95
Frais généraux	1,97	2,32
Totaux.	31,41	40,65

Le nombre des voyageurs transportés en un an a atteint 287 millions, en augmentation de 40 millions sur le chiffre des 12 derniers mois durant lesquels a fonctionné le service à vapeur. Les recettes brutes ont été de 72,1 millions de francs, en augmentation de 10,1 millions; les recettes nettes se sont accrues de 8,1 millions de francs.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

- I. Permutatrices et commutatrices**, par Rougé; p. 33. Les turbines à vapeur, par L. DRIN, p. 38.
- II. Génération et Transformation.** Courants de Foucault dans les induits de machines à courant continu, par R.-V. PICOU; Etouffeurs d'harmoniques, par Maurice LEBLANC; etc.; Brevets récents, p. 45 à 47. — **Transmission et Distribution:** Distribution à trois fils, par F. HARDIE JEANNIN; Brevets récents, p. 48 et 49. — **Applications mécaniques:** Evite-molettes Karlik-Witte; etc.; Brevets récents, p. 50 et 51. — **Télégraphie et Téléphonie:** Sur un cas d'influence d'oscillations à haute fréquence sur des circuits téléphoniques, par DE PONCHARRA; Brevets récents, p. 52. — **Éclairage:** Lampe à incandescence à filament de tantale, par W. VON BOLTON et O. FEUERLEIN; Brevets récents, p. 53 à 55. — **Divers:** Le sélénium, son importance en Electrotechnique et particulièrement dans la téléphonie optique, par E. RUHMER; Mesure de la conductibilité des diélectriques, par Ch. NORDMANN; De l'influence du cation dans les phénomènes électro-capillaires, par E. ROTHÉ, p. 56 à 59.
- III. Bibliographie:** La bobine d'induction, par H. ARMAGNAT; Roues et turbines à vapeur, par K. SOSNOWSKI; Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1905, p. 60.
- IV. Variétés, Informations:** Le sélénium et la téléphotographie; Lampe à incandescence à 1,5 watt par bougie; Permutatrices et commutatrices; Perturbations téléphoniques produites par les appareils médicaux à haute fréquence; Société savantes et techniques; Informations diverses; p. 61 à 64.

PERMUTATRICES ET COMMUTATRICES.

AVANT-PROPOS. — Dès l'apparition des courants polyphasés qui constituaient le premier système de transmission d'énergie par courants alternatifs à puissance constante, la possibilité de les transformer facilement et économiquement en courant continu s'est imposée aux inventeurs. Le développement de la traction électrique et quelques autres nécessités particulières ont donné un gros intérêt à ce problème. La récente réapparition des moteurs monophasés à collecteur diminue bien en théorie l'importance de ce problème, mais nous croyons que la maturation nécessaire dans une question aussi pratiquement complexe que celle du moteur de traction retardera beaucoup plus qu'on ne croit la déchéance du continu.

Dans tout appareil devant transformer l'énergie d'une distribution polyphasée en énergie restituée à un réseau continu, nous trouverons nécessairement des champs mobiles dont les effets inductifs feront équilibre aux différences de potentiel respectives des deux réseaux.

Si ces champs sont distincts, nous avons évidemment un groupe moteur dynamo ⁽¹⁾.

La confusion des deux champs inducteurs et des deux circuits induits dans un groupe synchrone donne la commutatrice, appareil bien connu et couramment employé.

La même confusion dans un groupe asynchrone donne la permutatrice.

Cet appareil est caractérisé, à l'encontre de la commutatrice, par ce fait que les déplacements synchrones qu'il comporte sont uniquement destinés à la captation des forces électromotrices produites sous forme continue, mais ne comportent aucun *rôle inductif*.

Proposés d'abord par Ziperowski, étudiés successivement par MM. Blondel et Sahulka et essayés principalement par M. Leblanc, ces appareils n'avaient pas donné jusqu'ici de résultats industriels bien tranchés.

déplacement mécanique des pièces magnétiques. Les forces magnétomotrices, demandées en majeure partie à une source extérieure de courant continu, sont en partie corrigées (et peuvent d'ailleurs être entièrement produites) par les courants dévattés.

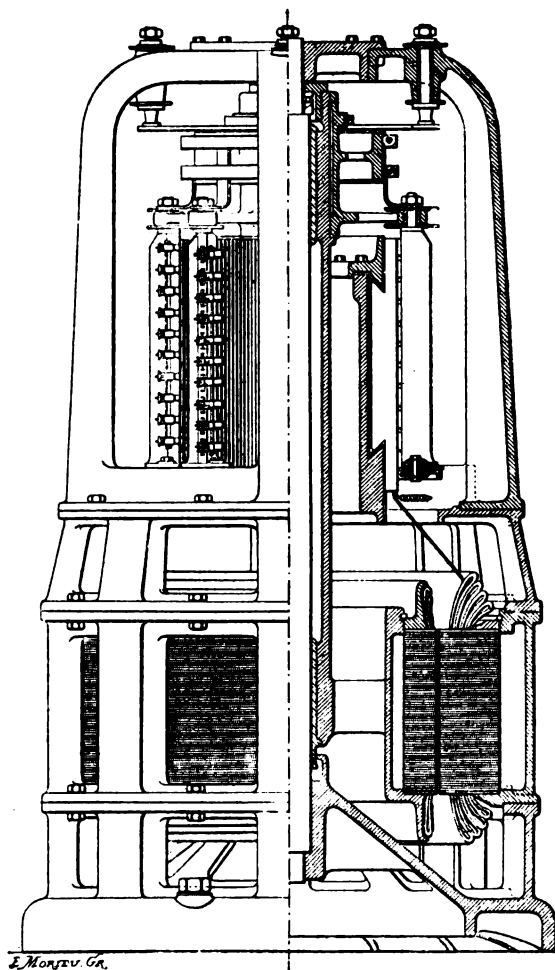
Dans le cas du moteur asynchrone, le champ inducteur, libre de se produire indifféremment en toute direction, tourne avec les forces magnétomotrices du courant dévatté qui le produit. La pièce mobile du moteur est entraînée par courants induits, mais sa rotation n'est pas indispensable à la rotation du champ.

⁽¹⁾ Dans le cas du moteur synchrone, le champ inducteur du circuit alternatif a son mouvement lié au

Plus récemment, reprises cependant suivant les brevets Rougé-Faget que nous avons à mettre en pratique, les permutatrices nous ont permis d'atteindre des résultats qui semblent, cette fois, apporter un progrès notable.

En effet, tandis que les commutatrices de forte puissance ne descendent jamais au-dessous de 33^{ks} par kilowatt, nous avons pu réaliser sans

Fig. 1.



difficulté des machines de 20^{ks} par kilowatt en faible puissance et de 15^{ks} au maximum à partir de 30 kilowatts.

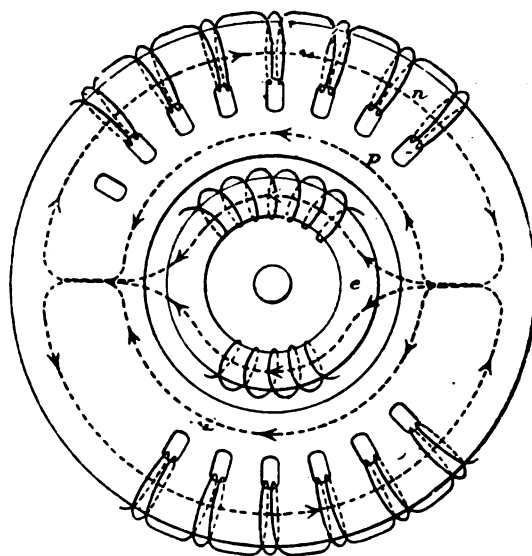
Nous nous proposons de montrer que ce résultat remarquable n'implique, ni comme matières premières, ni comme difficulté du travail, aucune augmentation de prix spécifique, et que ce gain de poids est un véritable gain industriel.

Nous décrirons d'abord sommairement l'en-

semble d'une de ces machines représentées en figure 1.

Un stator de moteur asynchrone est bobiné en induit continu de dynamo relié à un collecteur. Le flux tournant se ferme vers l'intérieur, en partie dans la tôle même qui dépasse notablement la denture, en partie dans un rotor qui complète le circuit magnétique (fig. 2). Ce rotor est rendu

Fig. 2.



synchrone par une *injection* de courant continu dérivé du courant même produit par la machine.

Dans sa rotation, il entraîne les balais qui sont chargés de recueillir ou de *permuter* les forces électromotrices de l'induit sur les lames du collecteur. Deux bagues et deux groupes de frotteurs transmettent les courants au réseau.

L'ensemble est monté verticalement, et la figure 1 indique clairement les pièces de fonderie, socle, carcasse de l'induit, du collecteur, et arcade qui donnent à l'ensemble tout à la fois la légèreté et la rigidité nécessaires.

Avant d'entrer dans la description détaillée de chaque organe, il est nécessaire de revenir sommairement sur la théorie comparée de la permutatrice et de la commutatrice.

PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT. — En gros une permutatrice est constituée par un induit de dynamo continue soumis à l'action d'un champ tournant polyphasé. Des balais synchrones recueillent le courant continu sur le collecteur de

l'induit. Le fer du champ tournant et de l'induit tous deux immobiles peuvent être d'une pièce. Les circuits, sous les conditions connues de rapport de tension, peuvent être confondus.

Une commutatrice est constituée par un induit de dynamo dont le circuit se confond avec celui d'un moteur synchrone. Le tout tourne au synchronisme dans un champ inducteur de dynamo ordinaire.

Pour la commodité de comparaison des diagrammes, on peut admettre que l'induit est fixe et que l'ensemble des inducteurs et des balais tourne autour.

DIAGRAMMES. — En assimilant les champs, les courants et les forces électromotrices à des vecteurs, le diagramme de la permutatrice est représenté figure 3. Les balais sont supposés calés dans la ligne neutre. OM représente, à l'échelle du courant déwatté capable de le produire, le champ tournant imposé par la différence de potentiel du réseau alternatif; OC représente le

Fig. 3.

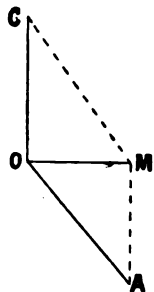
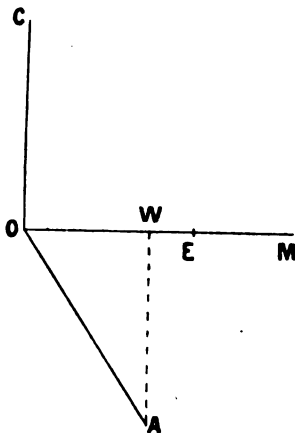


Fig. 4.



courant continu; OA le courant alternatif dont la composante wattée doit, aux pertes près, égaler OC et la composante déwattée OM.

Par suite de l'absence de pièces mobiles, l'égalité entre les puissances alternative et continue est permanente : $P_{alt.} - P_{continu} = 0$.

En pratique, pour la pleine charge, OM est compris entre 0,20 et 0,30 $\times$ OC.

Le diagramme de la commutatrice est représenté figure 4. OM est égal à la somme de l'excitation continue OE et de la composante déwattée OW.

D'autre part, il n'y a égalité entre les puissances alternative et continue que si la vitesse est uniforme, car on a en définitive

$$P_{alt.} - P_{continu} = M v \frac{dv}{dt},$$

où v représente la vitesse et M la masse des pièces en mouvement.

PERTURBATIONS. — Les perturbations venant du réseau se traduisent donc par la rupture de l'équilibre de transformation.

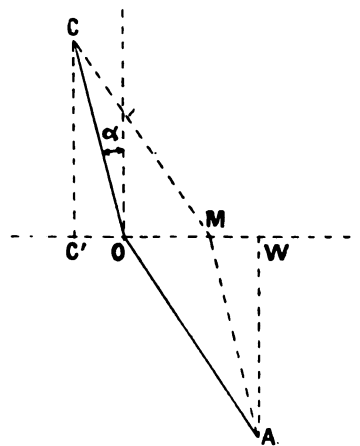
Il faut remarquer que la composante wattée ainsi introduite a pour effet de modifier la répartition du flux sous le pôle et par suite, comme on le sait, le rapport entre les tensions alternatives et continues.

Le sens de cette variation ne peut d'ailleurs pas être fixé d'une manière générale, puisqu'il dépend à la fois du pas de l'enroulement et de la forme des pièces polaires.

En revanche, le calage des balais pourra être considéré comme invariable.

Dans la permutatrice, au contraire, le calage seul des balais variera; le diagramme avec calage quelconque devient celui de la figure 5.

Fig. 5.



Par suite du décalage α des balais, le courant continu donne une composante d'excitation qui entraîne modification du courant déwatté demandé au réseau.

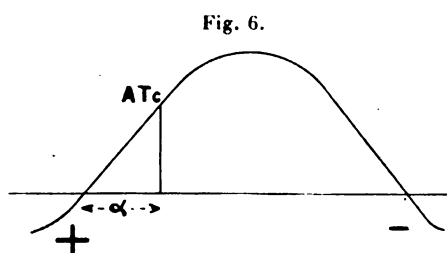
La tension continue normale sera modifiée par le facteur $\cos \alpha$, et il est à remarquer que, pour un calage normal dans le voisinage de la ligne neutre, la perturbation compatible avec un écart de tension donné est très considérable.

Pour une variation totale de tension de 1 pour 100, on peut tolérer 15° de perturbation sur une période complète.

DIFFICULTÉS DE RÉALISATION. FUITES. — Si l'on cherche à réaliser une permutatrice avec les enroulements courants, on se trouve arrêté dès le premier essai en charge par un effet secondaire d'une importance capitale.

Nous avons supposé en établissant le diagramme que les effets magnétomoteurs des courants se composaient suivant la règle des vecteurs, et, en particulier, que le courant continu recueilli par des balais calés dans la ligne neutre, annulait *en tous les points de l'induit* la composante wattée des courants alternatifs.

Or il n'en est rien. Si nous supposons, en effet, le cas le plus favorable où le nombre de phases serait infini, les courants alternatifs donnent une distribution régulière suivant la loi du sinus de



l'angle définissant le point de l'induit considéré

$$ATc = K \sin \alpha.$$

Au contraire, entre les deux sections en court-circuit par les balais, la distribution du courant continu reste constante et change brusquement de signe d'un côté à l'autre de ces sections.

Il en résulte, bien que ce soit paradoxal au premier abord, une fuite importante pour un transformateur à *circuits confondus*.

On ne peut y remédier qu'en saturant beaucoup la denture, ce qui conduit à augmenter considérablement la réluctance du circuit magnétique au détriment à la fois du facteur de puissance, du rendement et de la puissance spécifique.

Cette difficulté, qui paraît avoir autrefois échappé aux premiers promoteurs des permutatrices, a été fort élégamment tournée dans les permutatrices de M. Leblanc (1).

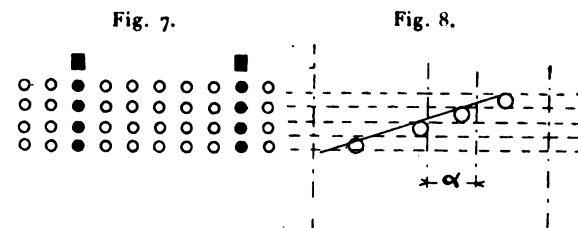
(1) *L'Éclairage électrique*, t. XXX, p. 29 et 52, 1902.

Remarquant que le flux de fuite gênant est composé d'une série d'harmoniques du flux principal qu'il convient de garder intact, il bobine sur l'induit une série de circuits auxiliaires tels qu'ils ne soient le siège d'aucune force électromotrice de la part du flux principal, et, au contraire, de forces électromotrices considérables de la part des flux harmoniques. Ces derniers se trouvent alors éteints par les courants énergiques ainsi produits.

ENROULEMENTS SPÉCIAUX. — Dans nos permutatrices, nous avons employé une solution différente et d'ailleurs susceptible d'applications plus générales.

Nous avons cherché à obtenir qu'un courant entrant par un point de l'induit et sortant par le point diamétralement opposé donne à la périphérie une répartition sinusoïdale de la force magnétomotrice.

Remarquons que les sections en court-circuit sous balais créent, dans un induit ordinaire, démarcation entre la région des conducteurs positifs et négatifs (*fig. 7*).



Si, comme dans la figure 8, nous bobinions les conducteurs d'une même section de façon que, tout en faisant partie des couches successives, ils se trouvent sur une sinusoïde allant d'un pôle à l'autre dans la hauteur de la couche totale des conducteurs, cette courbe deviendra séparatrice des deux régions considérées.

Or, il est évident que dans ce cas la somme algébrique des ampères-tours dans les conducteurs, superposés en chaque point de l'induit, sera précisément proportionnelle à $\sin \alpha$.

La pratique nous a montré que la solution était déjà tout à fait satisfaisante, avec quatre couches de conducteurs ou quatre conducteurs par encoche. Il n'y a aucun intérêt à dépasser six conducteurs.

Nous reviendrons dans la description des machines sur la réalisation de ces enroulements qui

est des plus simples, toutes les bobines étant identiques.

RÉSULTATS. — Par suite de la réalisation parfaite du diagramme, par suite également de l'extinction de la self-induction de chaque section par l'induction mutuelle avec les autres sections en court-circuit sur le réseau alternatif, il est possible d'atteindre avec ces enroulements des débits correspondant à un chiffre très élevé des ampères-tours par centimètre du courant continu.

Alors que les enroulements ordinaires ne permettent guère avec dents saturées de dépasser 150 à 200 amp-t : cm, ces enroulements permettent d'atteindre 800 amp-t : cm sans inconvénient.

ENTRAÎNEMENT DES BALAIS. — L'entraînement des balais peut également donner lieu à quelques difficultés. L'emploi d'un moteur synchrone ordinaire ne nous semble pas heureux en général. Dans ces appareils les conditions normales de stabilité donnent une période trop courte pour l'oscillation autour de la position d'équilibre, ce qui peut entraîner des résonances fâcheuses avec les perturbations périodiques du réseau.

Nous employons comme moteur une partie du circuit magnétique principal, rendue mobile sans altérer sa forme de révolution, et sur lequel nous répartissons convenablement 30 ampères-tours continus environ par centimètre dans des encoches de 2^{cm} de profondeur et de 1^{cm} de largeur avec 1^{cm} de fer pour la dent.

Un tel moteur, dont le couple est rigoureusement proportionnel au sinus de l'écart et au courant magnétisant, permet d'obtenir des périodes d'oscillation très longues et en même temps tout à fait amorties.

Les balais mobiles constituent également un problème délicat tant qu'on n'en a pas une solution satisfaisante. Mais ce n'est qu'une question de tâtonnements, il suffit d'établir un type convenable et de s'y tenir pour la suite.

Le type que nous avons établi fonctionne encore d'une façon satisfaisante pour une accélération centrifuge de $2,5 \cdot 10^5$ cm : sec : sec, soit 250 fois la pesanteur. Une accélération de $1,5 \cdot 10^5$ cm : sec : sec peut être considérée comme tout à fait normale.

Nous reviendrons sur ces points dans la description détaillée de machines construites.

ÉLÉMENTS NUMÉRIQUES PRINCIPAUX. — L'expérience nous a conduit à admettre comme données

normales dont il convient de ne pas trop s'écarter :

1° Une induction périphérique⁽¹⁾ de $\mathfrak{B} = 3 \cdot 10^3$;

2° Les ampères-conducteurs par centimètre ne devant pas dépasser beaucoup 800 en surcharge, nous adoptons 500 à 600 pour la charge normale;

3° La vitesse périphérique peut être aussi grande que dans une commutatrice, soit 20 à 25 m : sec ;

4° En admettant 20 m : s, 600 amp : t, $\mathfrak{B} = 3 \cdot 10^3$, la puissance périphérique de l'entrefer par unité de surface est de $20 \times 600 \times 3 \cdot 10^3 = 3,6$ kilowatts par décimètre carré ou 28^{cm²} par kilowatt.

Ce chiffre, entièrement comparable à celui des commutatrices de bonne construction, va nous permettre d'établir très rapidement un projet comparatif de permutatrice d'après une commutatrice donnée.

Nous prendrons comme exemple la commutatrice Thomson-Houston de 300 kilowatts décrite pages 448 et suivantes dans *Les générateurs d'électricité à l'Exposition*.

La surface périphérique de cette machine est de 29^{cm²} par kilowatt, la vitesse 24^{cm}, l'induction $4,7 \cdot 10^3$ et les amp.-t. : cm de 300 environ.

L'induction passant de $4,7$ à $3 \cdot 10^3$, il conviendra d'augmenter en proportion le nombre de passages, par conséquent à la fois les amp.-t. : cm et la section du cuivre pour une égale perte.

Les amp.-t. : cm deviendront 470, ce qui laisse une marge de surcharge très considérable; le poids total de cuivre à perte égale sera de

$$165^{\text{kg}} \times \left(\frac{4,70}{3}\right)^2 = 180^{\text{kg}}.$$

Cet enroulement demandera des encoches de 5^{cm} environ de profondeur. Il faudra y ajouter pour le fer extérieur un quart de la longueur de l'arc polaire de 50^{cm}, soit 12^{cm},5, ce qui porte le diamètre extérieur de la tôle à

$$900^{\text{mm}} + 2 \times 50 + 2 \times 12,5 = 1250^{\text{mm}}.$$

Vers l'intérieur, nous avons $\frac{1}{150}$ de l'arc polaire, soit 3^{mm} d'entrefer, 2^{cm} pour la denture de la partie mobile et $\frac{1}{3}$ de l'arc polaire, ou 10^{cm}, pour les fers intérieurs fixe et mobile.

(1) Nous appelons ainsi le quotient par la surface d'entrefer d'un arc polaire du flux théorique nécessaire pour produire la différence de potentiel continue avec un enroulement ordinaire. Ce coefficient est donc purement fictif et englobe celui du bobinage spécial.

Il reste alors

$$900 - 2 \times (3 + 20 + 100) = 654^{\text{mm}}$$

pour le trou central de la tôle.

Le cuivre de la pièce mobile comporte en général de 80^g à 100^g par kilowatt, soit 30^{kg}.

Pour le collecteur tel qu'il est, le coefficient centrifuge serait de 1.10⁵; il n'y a donc pas lieu de le modifier. Toutefois l'emploi d'un collecteur fixe permet de diminuer notablement l'épaisseur des attaches de la lame et d'obtenir le décimètre carré de surface utile à 3^{kg} au lieu de 4^{kg}, 3 que pèse ce dernier.

Nous comptons donc 250^{kg} de cuivre au lieu de 360^{kg}.

Le poids de tôle net sera, comme on peut le vérifier facilement, de 1800^{kg} environ; en y ajoutant le poids des cuivres (180 + 30 + 250), le total actif sera environ 2260^{kg}. A ce poids correspond en pratique un égal poids de matières inertes, carcasses et pièces mécaniques; on est donc conduit à 4520^{kg}, soit environ 15^{kg} par kilowatt.

Nous résumons ci-dessous la composition des deux machines par matières :

	CUIVRE.			TOILES brutes.	ACIER.	PONTE.
	Induit.	Induc- teur.	Collec- teur.			
Commutatrice...	145	522	363	1250	7000	1500?
Permutatrice...	180	30	250	2500	0	2260

Il sera facile de s'assurer qu'en ce qui concerne les matières, le coût par kilogramme ne pourra être fort différent pour les deux machines, la proportion de cuivre en particulier étant dans les deux cas de 10 pour 100 environ.

La permutatrice ainsi esquissée aurait, carcasse comprise, 1^m, 50 de diamètre sur 2^m de hauteur. L'encombrement en place serait de 2^m, 25, alors que celui de la commutatrice (2^m × 2^m, 50) est de 5^m, soit plus du double.

(A suivre.)

Rougé.

LES TURBINES A VAPEUR.

CARACTÈRES GÉNÉRAUX.

L'étude que nous avons faite des différents types de turbines à vapeur ⁽¹⁾, employés industriellement aujourd'hui, va nous permettre de rechercher les caractères généraux de ce genre de machines.

TURBINES A UNE SEULE ROUE ET TURBINES A ROUES MULTIPLES. — On peut affirmer que les turbines à une seule roue doivent être complètement abandonnées pour les applications électriques, parce qu'elles ne permettent pas d'atteindre des puissances élevées et parce qu'elles nécessitent un engrenage de réduction trop difficile à construire et à entretenir. On peut les

utiliser avec avantage pour la commande des pompes centrifuges et des ventilateurs, mais c'est le seul champ d'action qui leur soit réservé.

Un dernier inconvénient des turbines à une roue réside dans le mode de fixation et dans l'usure des ailettes.

Si ces ailettes sont rapportées, elles peuvent être légères, mais alors le mode de fixation laisse souvent à désirer, et la roue peut se déséquilibrer par suppression ou par diminution de quelques aubes.

Les roues à aubes fraisées dans la masse résistent mieux à l'usure, mais elles alourdissent davantage la partie mobile; l'équilibrage devient en outre plus difficile puisqu'une grande partie de la matière est répartie à la périphérie.

Seules donc, les turbines à roues multiples sont susceptibles de procurer les puissances élevées dont on a besoin dans l'industrie électrique.

⁽¹⁾ Voir dans *La Revue électrique* : Turbines de Laval, t. I, p. 321; Turbines Riedler et Stumpf, t. II, p. 5; Turbines Rateau, p. 33; Turbines Zoelly, p. 65; Turbines Parsons, p. 97; Turbines Bréguet, p. 129; Turbines Curtis, p. 257.

A quel type convient-il de donner la préférence?

Au point de vue économique, on peut dire que toutes les turbines sont sensiblement équivalentes. Ce sont des considérations d'ordre purement mécanique qui devront décider dans la plupart des cas.

Il nous est impossible de prendre part, ici, à un débat où interviennent nécessairement des questions commerciales, et nous tenons absolument à rester sur le terrain de la technique industrielle. Toutefois il est un point sur lequel nous voulons attirer l'attention.

On reproche vivement aux turbines Parsons le jeu extrêmement faible qui existe entre les parties fixes et les parties mobiles. Sans doute, la construction de cette turbine est une opération délicate, mais elle n'est nullement incompatible avec les progrès de la mécanique moderne. Au surplus, le nombre considérable de turbines de genre Parsons, en service ou en construction à l'heure présente (environ 600 000 chevaux), est le meilleur argument qu'on puisse produire en faveur de ces turbines.

TURBINES AXIALES ET TURBINES RADIALES. — Nous avons vu que le fluide moteur peut se déplacer parallèlement à l'axe (turbines axiales) ou normalement à lui (turbines radiales).

On paraît abandonner de plus en plus les turbines radiales dont la construction est plus compliquée que celle des turbines axiales.

RÉGULATION. — Les régulateurs employés pour les turbines sont, à peu de choses près, les mêmes que ceux utilisés pour les machines à piston; ils n'en diffèrent que par des détails de construction rendus nécessaires par l'obligation de contrôler des vitesses considérables.

Le plus souvent, le régulateur n'agit que par l'intermédiaire d'un servo-moteur. Tantôt ce servo-moteur est mécanique, comme dans les turbines Parsons et Zoelly par exemple, tantôt il est électrique, comme dans les turbines Curtis.

Presque tous les constructeurs utilisent un régulateur supplémentaire dont l'unique fonction est de couper automatiquement l'arrivée de vapeur à la turbine lorsque la vitesse devient trop considérable.

Enfin un dispositif spécial permet, ainsi que nous l'avons vu, d'envoyer de la vapeur vive aux

différents étages de la turbine lorsque l'unité est surchargée ⁽¹⁾.

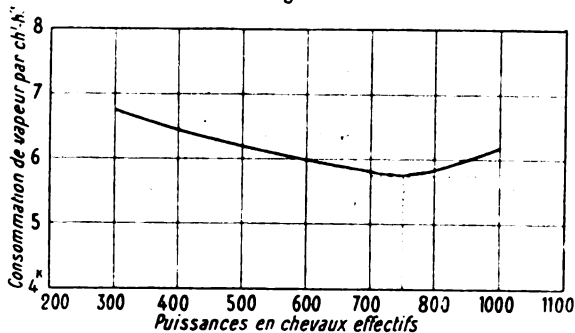
CONDENSATION. — L'étude théorique et la pratique s'accordent à démontrer qu'on a le plus grand intérêt à pousser jusqu'à ses dernières limites la détente de la vapeur, et, en fait, l'adoption des condenseurs a permis de réduire, dans de très notables proportions, la consommation des turbines.

Nous avons indiqué, à propos de la turbine Curtis, quelques résultats d'essais dans ce sens. D'autres essais relatifs à une turbine Westinghouse de 1500 kilowatts confirment ces derniers.

⁽¹⁾ Ce dispositif est fort avantageux dans les stations centrales qui font un service de traction. Il permet de franchir aisément les pointes de la charge qui se manifestent à tous les instants de la journée sans qu'on puisse les prévoir, et qui sont fort dangereuses pour la sécurité des machines. Le fonctionnement de ce by-pass automatique amène nécessairement une diminution du rendement de la machine, mais cette diminution influe peu sur la consommation moyenne, parce que ces pointes sont de courte durée. Dans tous les cas, cette marche en surcharge est infiniment plus économique que celle qui consiste à augmenter le nombre des alternateurs en parallèle, car ceux-ci fonctionnent alors au-dessous de leur régime normal et ont un mauvais rendement. L'emploi de ce by-pass a permis, dans certains cas, de doubler la puissance des groupes électrogènes.

Le diagramme ci-contre (*fig. 1*) montre l'effet d'une

Fig. 1.



semblable dérivation sur le rendement. Il est relatif à une turbine Westinghouse de 400 kilowatts. La courbe montre que le rendement ne baisse qu'à partir d'une surcharge de 25 pour 100, moment où s'ouvre la dérivation. Il montre également qu'on peut maintenir une marche en surcharge de 92 pour 100 sans augmenter la consommation de vapeur de plus de 7 pour 100 par rapport à la consommation la plus faible réalisée pendant les essais.

Ces essais ont donné, avec de la vapeur saturée et des vides différents, une économie, pour une augmentation de vide de 25^{mm}, d'environ 0^{kg}, 220 de vapeur par cheval-heure électrique en pleine

charge, 0^{kg}, 45 en demi-charge et 1^{kg} au sixième de la charge normale.

Tous les types de condenseurs sont applicables aux turbines, les condenseurs ordinaires par

Fig. 2.

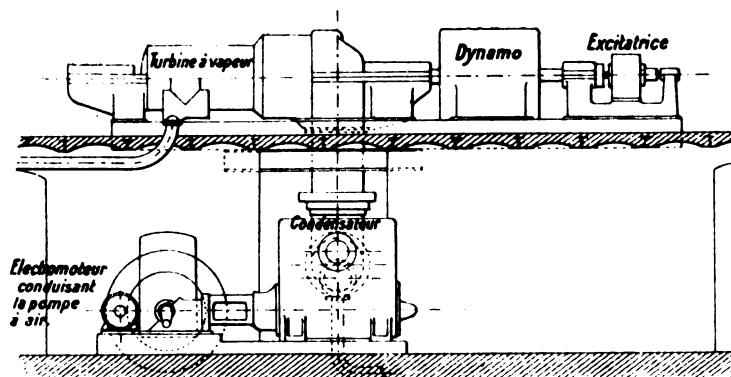
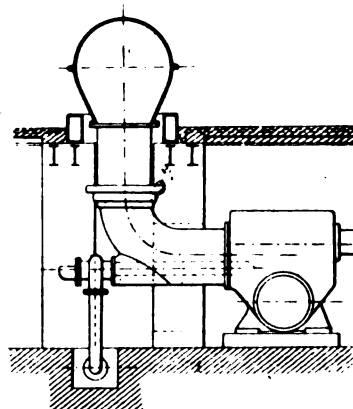


Fig. 3.

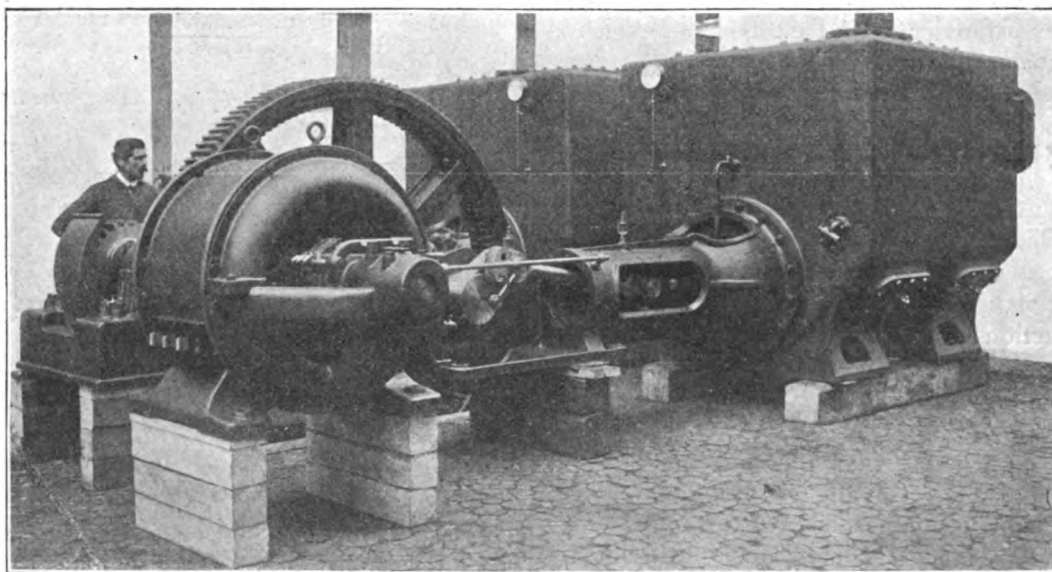


Condenseur des turbines Parsons de la station centrale de Milan.

mélange sont les plus simples et les plus employés. Les condenseurs à surface sont plus coût-

teux, mais ils offrent l'avantage précieux de pouvoir faire un vide presque parfait; or, avec les

Fig. 4.



Vue du condenseur de la station centrale de Milan.

turbines, pour avoir un bon fonctionnement économique, il faut fournir le vide jusqu'à 70^{cm} ou 72^{cm} de mercure.

Si l'on dispose d'une quantité d'eau suffisante, on peut faire usage d'un éjecto-condenseur; on supprime ainsi la pompe à air puisque le jet d'eau

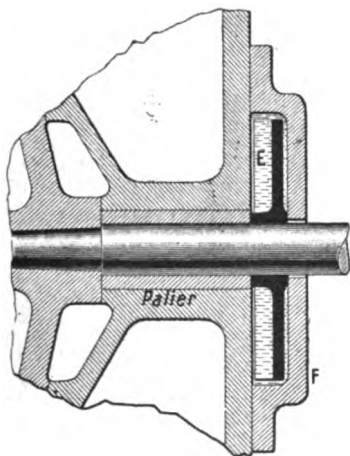
entraîné par la vapeur expulse lui-même l'air qui a pénétré dans l'appareil, mais le vide est nécessairement moins bon.

Nous avons vu que dans les turbines verticales le condenseur était placé sous la turbine; on réalise ainsi un ensemble très compact et homogène; on supprime en même temps les longues conduites qui facilitent les rentrées d'air.

Lorsque le condenseur est complètement indépendant de la turbine, on peut le commander par un moteur électrique. Les figures 2 à 4 représentent une installation de ce genre à la station centrale de Milan.

GARNITURES ÉTANCHES. — Pour obtenir un bon vide, il est nécessaire d'empêcher les rentrées d'air du côté du condenseur, particulièrement aux points où l'arbre moteur traverse la carcasse de la turbine. Il faut, pour cela, disposer d'une garniture très étanche qui soit pourtant assez élastique pour ne pas empêcher la rotation de l'arbre. Nous avons vu que M. Parsons employait

Fig. 5.



dans ce but une série de bagues fixées sur l'arbre et tournant dans des cannelures ménagées dans le coussinet. M. Rateau utilise, pour constituer ses garnitures, des bagues fendues dont les différentes parties sont maintenues par des ressorts.

On commence à employer en Angleterre et en Amérique des joints hydrauliques tournants constitués de la façon suivante :

Le palier est muni d'une chambre F (fig. 5) remplie d'eau, dans laquelle tourne un diaphragme E fixé solidement à l'arbre moteur. L'air

2..

ne pouvant se glisser entre le disque et l'arbre doit contourner le diaphragme pour pouvoir pénétrer à l'intérieur de la turbine. Mais l'eau est chassée par la force centrifuge au fond de la boîte F et les bords du disque E plongent dans le liquide. L'effet de la force centrifuge étant supérieur à la différence des pressions qui règnent à l'intérieur et à l'extérieur, toute rentrée d'air devient impossible. On remarquera que ce système ne nécessite aucune dépense d'eau et laisse l'arbre moteur entièrement libre ⁽¹⁾.

L'emploi de ces joints hydrauliques tournants permettra probablement d'employer des paliers à billes pour les turbines, puisqu'il n'est plus nécessaire d'obtenir l'étanchéité par le coussinet lui-même.

CONSOMMATION DE VAPEUR DES TURBINES. — On apprécie quelquefois la valeur d'un groupe électrogène en déterminant la quantité de combustible nécessaire pour produire 1 kilowatt-heure aux bornes de la génératrice.

Cette façon de faire est parfaitement justifiable pour l'industriel, qui n'envisage que la question économique; elle est tout à fait insuffisante pour l'ingénieur, qui est obligé de serrer la question de plus près.

Cette détermination englobe en effet le rendement des appareils évaporateurs, celui de la tuyauterie, de la machine à vapeur et de la dynamo; elle est enfin fonction du degré d'habileté du chauffeur.

Un chiffre plus précis est celui de la consommation de vapeur par kilowatt-heure, encore qu'il soit insuffisant pour juger complètement de la valeur d'une machine puisqu'il ne tient pas compte de l'état de la vapeur, c'est-à-dire de sa tension, de son degré de siccité ou de sa surchauffe.

Quoi qu'il en soit, l'usage étant général d'apprécier une machine à vapeur par sa consommation de vapeur par cheval indiqué, nous retiendrons momentanément ce moyen pour comparer les turbines et les machines à piston, sous la réserve pourtant des remarques suivantes :

Observons tout d'abord que l'expression de puissance indiquée n'a aucun sens avec les turbines, puisqu'il est impossible de relever des dia-

(1) Le même dispositif a été appliqué avec succès aux pompes centrifuges.

grammes avec l'appareil de Watt. Il faudrait, pour évaluer le travail interne de la vapeur dans une turbine, disposer d'un moyen nouveau qui n'a pas encore été imaginé jusqu'ici.

D'autre part, la détermination de la puissance disponible sur l'arbre, au moyen d'un frein, ne peut être pratiquée que pour les puissances ne dépassant pas 100 à 150 chevaux.

Fort heureusement, dans la plupart des cas (en laissant de côté bien entendu les turbines de mer), les turbines commandent des machines électriques, alternateurs ou dynamos, dont les rendements sont connus, ou tout au moins oscillent entre des limites assez restreintes (85 à 95 pour 100).

La détermination de la quantité de vapeur nécessaire pour fabriquer 1 kilowatt-heure est fort aisée et fort précise, étant donné le degré de perfection des appareils de mesure électriques. C'est ce résultat qu'il faudra retenir lorsqu'on voudra avoir un moyen de comparaison rigoureux.

Il faut donc, si l'on veut adopter comme terme de comparaison la consommation de vapeur par cheval indiqué, admettre *a priori* un rendement moyen pour la génératrice électrique, d'une part, et pour la turbine, d'autre part. Nous avons choisi 90 pour 100 pour la première et 91 pour 100 pour la seconde.

Ces chiffres sont plutôt élevés; ils conduisent donc à un chiffre plutôt fort comme rendement global; ils sont donc défavorables à la turbine.

Si l'on désigne par P_i la puissance en chevaux indiqués, par P_k la puissance électrique en kilowatts aux bornes de la génératrice, et par C_i et C_k les consommations de vapeur correspondantes, on a

$$(1) \quad P_i = \frac{1,36}{0,90 \times 0,91} P_k, \quad P_i = 1,66 P_k,$$

et

$$(2) \quad C_i = \frac{1}{1,66} C_k, \quad C_i = 0,60 C_k.$$

On peut vérifier la formule (1) et, par conséquent, la formule (2) sur un groupe électrogène avec machine à pistons, en relevant un très grand nombre de diagrammes et en mesurant l'énergie électrique au moyen d'un compteur (1).

(1) Voici le résultat d'une vérification de ce genre effectuée à l'Usine électrique des Moulineaux, sur une

Sous le bénéfice des considérations précédentes, voici comment peut s'établir la comparaison entre les machines à vapeur et les turbines :

Pour les machines à vapeur, nous prendrons les chiffres fournis par M. Witz dans sa très intéressante étude *Sur le rendement comparé des machines à vapeur et des moteurs à gaz*, publiée dans *l'Éclairage électrique* (1).

« S'il fallait établir *a priori*, dit M. Witz, une échelle croissante de consommation, nous nous arrêterions aux chiffres suivants :

PUISSANCE en che.-h.v.	TYPE.	PRESSION de la vapeur.	CONSOMMATION par cheval-heure indiqué.
20 à 50	Monocylindrique.	6	8 ^{kg}
50 à 100	»	»	8 ^{kg} à 7 ^{kg}
100 à 200	»	»	7 ^{kg} à 6 ^{kg}
200 à 500	Compound.	8	7 ^{kg}
5000 à 10000	Compound ou triplex.	9	6 ^{kg} à 5 ^{kg} , 5

machine Dujardin à triple expansion, quatre cylindres, distribution Corliss, deux manivelles calées à 90°. Cette machine conduit un alternateur Westinghouse, triphasé, 5000 volts, 25 périodes.

Durée de l'essai..... 10 heures
Énergie relevée au compteur. 8025 kilowatts-heures (2)
Puissance moyenne..... 802,5 kilowatts

Puissance moyenne relevée aux diagrammes à raison d'une série de diagrammes, de 5 minutes en 5 minutes pendant toute la durée de l'essai :

Petit cylindre.....	484,65 ^{ch}
Moyen cylindre.....	418,60
Grand cylindre droit.....	194,85
Grand cylindre gauche.....	184,88
	1282,98

On en déduit le rapport

$$\frac{P_i}{P_k} = \frac{1282,98}{802,5} = 1,598,$$

chiffre légèrement inférieur à celui que nous avons trouvé, 1,660. Cela tient à ce que le rendement de la génératrice Westinghouse est notablement supérieur à celui que nous avons admis (95 pour 100 au lieu de 90 pour 100).

(1) *L'Éclairage électrique*, t. XXX, p. 5 et 41, 1 et 11 janvier 1902.

(2) Ce compteur était contrôlé lui-même par des wattmètres étalonnés avant les expériences et dont les indications étaient relevées au moment où l'on prenait les diagrammes sur les machines à vapeur.

« Nous supposons, dit toujours M. Witz, des machines à condensation alimentées de vapeur saturée et sèche; ces chiffres sont discutables en valeur absolue, mais ils paraissent suivre la graduation qu'on observe dans la pratique. »

Pour les turbines à vapeur, on pourrait établir très approximativement la progression suivante, en supposant la vapeur saturée et sèche :

300 à 400 chevaux	8 ^{kg}
400 à 500 "	7 ^{kg} à 8 ^{kg}
500 à 1000 "	6 ^{kg}
1000 à 2000 "	5 ^{kg} , 5

On voit que, pour les faibles puissances jusqu'à 500 chevaux environ (c'est-à-dire 300 kilowatts pour la génératrice électrique), les turbines à vapeur sont inférieures aux bonnes machines à piston quant à la consommation de vapeur. A

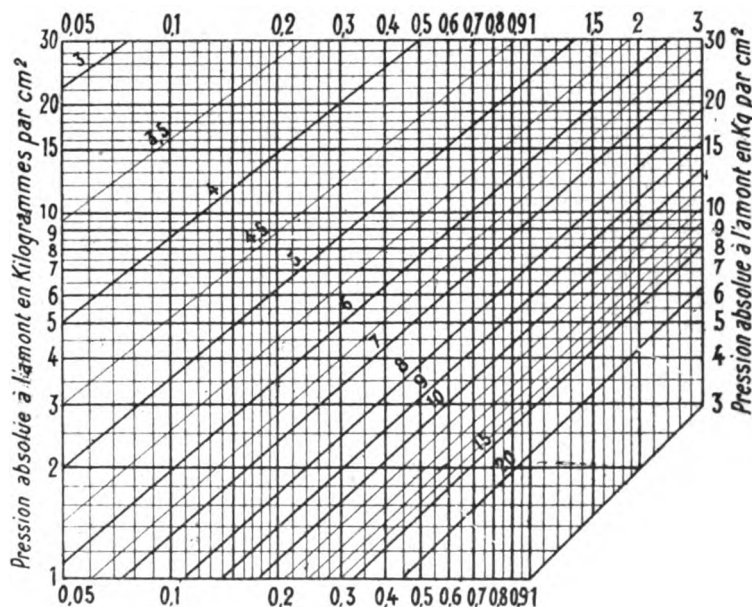
partir de 1000 kilowatts, les turbines prennent nettement l'avantage sur les machines alternatives.

La comparaison qui précède est nécessairement imparfaite parce qu'elle ne tient pas compte d'une façon suffisamment précise de l'état de la vapeur, de la pression d'admission et du vide au condenseur.

Pour établir d'une façon rigoureuse la différence qui existe, au point de vue économique, entre les turbines et les machines à pistons, il est nécessaire d'introduire une notion nouvelle; c'est celle du rendement spécifique (¹).

RENDEMENT SPÉCIFIQUE D'UNE TURBINE. — On appelle *rendement spécifique* d'une turbine à vapeur et plus généralement d'un moteur à vapeur, le rapport entre la consommation de vapeur

Fig. 6.



d'une machine théoriquement parfaite et celle de la machine considérée placée dans les mêmes conditions d'admission et d'échappement.

La consommation k d'une machine théoriquement parfaite, fonctionnant suivant le cycle de Rankine, s'obtient aisément au moyen de l'abaque de M. Rateau reproduit en figure 6 où les pressions d'admission sont portées en ordonnées, les pressions du condenseur en abscisses et où les

lignes inclinées sont des lignes d'égale consommation (²).

Appliquons les considérations qui précèdent

(¹) Voir RATEAU, Communications au Congrès de Mécanique de 1900.

(²) Pour faire usage de cet abaque, il faut lire la pression absolue d'amont (c'est-à-dire la pression d'admission indiquée par le manomètre augmentée de la pression atmosphérique en kilogrammes par centimètre

à la comparaison d'une machine à vapeur et de turbines ayant sensiblement même puissance.

Nous prendrons une très bonne machine Dujardin à triple expansion et à 4 cylindres conduisant un alternateur triphasé 5000 volts, 25 périodes et qui a donné aux essais les résultats suivants (en ne tenant pas compte du courant nécessaire à l'excitation).

Puissance en kilowatts..... 802 kw
Pression moyenne à l'amont 11,5 kg : cm²

Pression moyenne à l'aval 0,080 kg : cm²
État de la vapeur saturée
Dépense de vapeur en } théorique 4^{kg},95
kilogrammes par ki- } trouvée 9^{kg},111
lowatt-heure.
Rendement spécifique $\frac{R}{R'}$ 0,542

Nous comparerons la machine précédente au turbo-alternateur d'Eberfeld qui, aux essais, a donné les résultats suivants :

PUISANCE en kilowatts.	PRESSION		SURCHAUFFE approximative.	DEPENSE DE VAPEUR par kilowatt.		RENDEMENT spécifique.
	moyenne à l'amont.	à l'aval.		Théorique.	Trouvée.	
1190	(kg : cm ²) 7,81	(kg : cm ²) 0,063	21°	kg 5,16	kg 8,81	0,58
995	6,70	0,053	30°	5,13	9,14	0,56

On voit donc que, pour les puissances de 1000 kilowatts, la turbine à vapeur a un rendement meilleur qu'une très bonne machine à vapeur à triple expansion, ce qui confirme ce que nous avons dit précédemment.

DES PERTES DANS LES TURBINES A VAPEUR. — Les pertes dans les turbines à vapeur proviennent : 1° des fuites de vapeur ; 2° des frottements dans la vapeur ; 3° des tourbillonnements.

carré) sur l'échelle des ordonnées, et la pression absolue d'aval sur l'échelle des abscisses et chercher le point figuratif de coordonnées correspondantes, dont on apprécie ensuite la position par rapport aux lignes obliques qui sont des lignes d'égales consommations.

On trouve, par exemple, que le point figuratif qui correspond à une pression absolue à l'amont de 10^{kg} par centimètre carré et à une pression d'aval de 0^{kg},1 est situé entre les lignes 3, 5 et 4. A l'aide d'un double décimètre on évalue facilement la consommation correspondante de vapeur par cheval-heure, qui dans le cas actuel est de 3^{kg},82.

Pour avoir la consommation théorique de vapeur par kilowatt-heure, il suffit de multiplier le résultat précédent par le coefficient 1,36.

Cet abaque peut se traduire par la formule empirique suivante

$$k = 0,85 + \frac{6,95 - 0,92 \log P}{\log P - \log p},$$

où P désigne la pression absolue d'amont et p la pression absolue d'aval, les logarithmes étant des logarithmes naturels.

Voir à ce sujet *Annales des Mines*, 9^e série, t. XI, p. 242-250; *Éclair. élect.*, t. XI, p. 267, 1^{er} mai 1897.

Fuites de vapeur. — Les fuites de vapeur ne sont pas à craindre dans les turbines d'impulsion à une roue puisque la vapeur n'agit que dans un seul compartiment. Dans les turbines à roues multiples, au contraire, les fuites peuvent se produire aux distributeurs ou aux récepteurs.

Dans la turbine Parsons, la vapeur a tendance à contourner à la fois les aubes directrices et les aubes réceptrices, il convient donc de ne ménager entre les rangées d'aubes que le jeu strictement nécessaire au mouvement.

Il ne faudrait du reste pas s'exagérer l'importance de ces fuites, car, par suite d'un phénomène analogue à celui que nous avons signalé à propos des joints hydrauliques tournants, la vapeur qui a pénétré dans une rainure s'y maintient en partie à cause de la force centrifuge. Il se forme ainsi, au fond de chaque rainure, une sorte d'écran de vapeur qui limite le passage du fluide.

Dans les turbines d'action, les fuites ne sont à craindre qu'aux distributeurs, car il n'existe aucune différence de pression entre les deux faces de chaque récepteur. Par contre, les fuites autour des distributeurs peuvent être plus importantes que dans les turbines de réactions.

Pour limiter cette perte M. Rateau réduit la section de passage au diamètre de l'arbre. Cette disposition a, par contre, l'inconvénient d'augmenter les surfaces de frottement dans la vapeur.

Frottements dans la vapeur. — Une seconde

cause de perte provient du frottement des roues mobiles dans la vapeur.

Le travail perdu dans une roue mobile, tournant dans un fluide, est proportionnel à la densité de ce fluide, au cube de la vitesse angulaire et à la puissance cinquième du diamètre.

Ainsi donc, le frottement dans la vapeur est bien plus considérable du côté de l'admission qu'au voisinage de l'échappement et ceci explique également pourquoi les turbines à basses pressions ont un aussi bon rendement, tandis que les cylindres à basse pression ont un rendement détestable, par suite de l'action néfaste des parois et des frottements exagérés d'un grand piston sur la surface interne du cylindre.

Tourbillonnements de vapeur. — Les tourbillonnements de vapeur se produisent dans les tuyaux d'injection dont la forme ne permet pas à la vapeur de subir une détente régulière et progressive.

Les tourbillonnements proviennent encore de ce que la vapeur est insuffisamment guidée pendant son trajet d'une roue à la roue voisine.

Enfin, il se produit des tourbillons lorsque, par suite de la présence d'une paroi pleine, l'auge mobile ne peut se remplir de vapeur du côté de l'amont ou se décharger du côté de l'aval.

Les tourbillonnements se traduisent toujours par une perte d'énergie. En étudiant une turbine il convient de se prémunir contre leurs effets.

(A suivre.)

L. DRIN.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS (').

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Courants de Foucault dans les induits de machines à courant continu, par R.-V. PICOU. (Communication faite à la séance du 11 janvier de la Société internationale des Électriciens.) — M. Picou traite la question des courants induits dans une masse conductrice continue par les variations du champ environnant en résumant les principaux travaux antérieurement publiés ainsi qu'une note inédite de M. A. Potier.

Il détermine d'abord théoriquement l'équation différentielle donnant la valeur de la densité du courant induit en chaque point d'une plaque métallique parallélépipédique. Cette équation ayant même forme que celle qui donne la valeur du champ magnétisant en ce même point, M. Picou considère en premier lieu cette dernière équation dont l'intégrale est

$$\mathcal{H} = \mathcal{H}_0 \left(\frac{e^{2mx} + e^{-2mx} + 2 \cos 2mh}{e^{2mh} + e^{-2mh} + 2 \cos 2mx} \right)^{\frac{1}{2}} \cos(\omega t - \varepsilon),$$

dans laquelle $\mathcal{H}_0$ représente la force magnétisante en unités C. G. S. ($0,4\pi$ ampère-tours par centimètre) à la surface de la plaque; x est la distance variable du point considéré à l'origine prise au milieu de la plaque; m a pour valeur $\sqrt{\frac{2\pi\mu\omega}{\rho}}$, ρ étant la résistance de la matière; h est

la moitié de l'épaisseur de la plaque, ε est une fonction assez compliquée de x et de h .

En faisant $\cos(\omega t + \varepsilon) = 1$ dans l'équation précédente, on a la loi de variation en profondeur de l'amplitude de $\mathcal{H}$ et, par suite, de la densité de courant Δ , laquelle densité est proportionnelle à $\mathcal{H}$. Il est facile de constater que cette équation est symétrique en m et en x .

La formule se simplifie beaucoup lorsqu'on suppose que le produit mh est grand. On a dans ce cas

$$\mathcal{H} = \mathcal{H}_0 e^{-m(h-x)} \cos[m(h-x) - \omega t].$$

C'est la représentation d'une onde qui pénètre dans le métal en s'amortissant suivant une exponentielle, en même temps que le déphasage en profondeur est tel que les courants distants de $\frac{2\pi}{m} = \lambda$ sont revenus à la même phase.

M. Picou fait l'application à une masse de fer doux entourée d'une bobine dans laquelle le courant périodique a une fréquence égale à 50. En prenant

$$\mu = 2000 \quad \text{et} \quad \rho = 10^4 \text{ unités C. G. S.},$$

on a

$$m = \sqrt{\frac{2\pi\mu\omega}{\rho}} = 20 \text{ environ.}$$

La profondeur de pénétration des courants de Foucault est

(') L'Office des Renseignements techniques de l'Association amicale des Ingénieurs électriciens, 11, rue Saint-Lazare, Paris (IX^e), se charge de fournir aux lecteurs de *La Revue électrique* les textes et les traductions intégrales des articles en langue étrangère analysés ici.

Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (1^{re}). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes: BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

très réduite, car la longueur d'onde $\lambda = \frac{2\pi}{m} = 0^{\text{cm}},32$. A cette profondeur, l'amplitude, comparée à celle de la surface, est

$$e^{-m\lambda} = e^{-2\pi} = 0,00187,$$

c'est-à-dire moins des deux millièmes.

Dans les mêmes conditions, avec une masse de cuivre, on aurait

$$\mu = 1, \quad \rho = 1600.$$

D'où

$$m = 1,1 \quad \text{et} \quad \lambda = 5^{\text{cm}},6.$$

En recherchant le courant total et le flux total dans la couche superficielle d'une plaque épaisse, M. Picou résume ainsi les résultats :

Le courant total dans la couche externe est égal au courant dans une couche d'épaisseur $\frac{1}{m\sqrt{2}}$ cm où la densité serait uniformément la même qu'à la surface.

Le flux total dans la couche externe est égal au flux dans une couche de $\frac{1}{m\sqrt{2}}$ cm où il y aurait uniformément la même induction qu'à la surface.

Le maximum de la densité de courant Δ , est égal au produit du flux total de la couche superficielle par $\frac{\omega}{\rho}$.

Le maximum de l'induction à la surface est égal à $4\pi\mu$ fois le courant total de la couche superficielle.

M. Picou recherche enfin la dissipation d'énergie due à l'effet Joule de ces courants induits. Il obtient, pour la puissance superficielle dissipée $\frac{P}{S}$,

$$\frac{P}{S} = \mathcal{H}_2^2 \frac{\rho m}{16\pi^2} \frac{e^{2mh} - e^{-2mh} - 2 \sin 2mh}{e^{2mh} + e^{-2mh} + 2 \cos 2mh}$$

ou, en développant en série la fonction de mh ,

$$\frac{P}{S} = \mathcal{H}_2^2 \frac{\rho m}{16\pi^2} \frac{(2mh)^2}{6} \times [1 - 0,0405(2mh)^4 + 0,0017(2mh)^8 - \dots].$$

Pour $2mh$ petit, l'expression est très simple, car le terme $(2mh)^2$ seul conserve une importance appréciable. Elle se simplifie aussi pour $2mh$ grand, car alors le résultat devient indépendant de l'épaisseur $2h$, la fraction de l'avant-dernière formule devenant égale à 1.

En substituant à $\mathcal{H}$, la densité linéaire de courant Δ , en unités C. G. S., il vient

$$\frac{P}{S} = \Delta^2 \rho m \frac{(2mh)^2}{6} [1 - 0,04(2mh)^4 + 0,0017(2mh)^8 - \dots];$$

pour $2mh < 0,7$,

$$\frac{P}{S} = \Delta^2 \rho m \frac{(2mh)^2}{6};$$

pour $2mh \leq 1$,

$$\frac{P}{S} = \Delta^2 \rho m \frac{(2mh)^2}{6} [1 - 0,04(2mh)^4],$$

et pour $2mh > 6$,

$$\frac{P}{S} = \Delta^2 \rho m.$$

M. Picou applique ces formules aux principales pièces des machines dynamo-électriques et il arrive ainsi à cette conclusion que les courants de Foucault donnent lieu à des pertes d'énergie plus élevées que celles que l'on compte ordinairement.

L. J.

Étouffeur d'harmoniques, par M. MAURICE LEBLANC (Communication faite à la séance du 11 janvier de la Société internationale des Electriciens). — M. Leblanc rappelle, d'abord, les différentes Communications faites notamment par MM. Picou, Brylinski, Boucherot, de Marchéna, Guéry, David à propos de la surtension (voir *la Revue électrique*, t. I, p. 285, 15 mai 1904; t. I, p. 348, 15 juin 1904; t. II, p. 350, 15 décembre 1904). Il montre le grand intérêt industriel qu'il y aurait à supprimer radicalement la surtension. Dans cette voie, il convient de citer les tentatives qui ont été faites en vue de supprimer les harmoniques dans la construction des alternateurs. Récemment, M. Zweifel, de la Société alsacienne de Constructions Mécaniques, a imaginé différents dispositifs très efficaces et qui, appliqués à des induits dentés, donnent des courbes de tension sans harmoniques et aussi régulières qu'avec des induits lisses. M. Leblanc montre à l'aide de projections ces différents dispositifs ainsi que les courbes obtenues à l'ondographe.

Cependant, il ne suffit pas que la courbe ait un aspect sinusoïdal à vide, il faut aussi que le flux varie sinusoïdalement dans les rainures de l'induit. On y parvient soit en découpant en zigzag les pièces polaires, soit encore en faisant varier le nombre des spires des différentes bobines. En profilant bien les épanouissements polaires et en répartissant convenablement les spires, on peut supprimer aisément les harmoniques de rang 3, 5, 7 et 9. Malgré cela, il est encore nécessaire d'adopter, dans ces cas, un coefficient de sécurité égal à 3.

Le dispositif imaginé par M. Leblanc consiste à atténuer l'effet des harmoniques. On sait que le facteur de surtension a pour expression $\frac{n\omega L}{R}$ pour l'harmonique de rang n .

M. Leblanc s'arrange pour que la résistance R croisse avec la fréquence, plus rapidement qu'elle ne le fait naturellement. A cet effet il dispose, à la surface des inducteurs des alternateurs, des circuits très résistants fermés sur eux-mêmes et qu'il désigne sous le nom d'*étouffeurs d'harmoniques*. Dans un tel alternateur monophasé, on n'augmente guère ainsi que d'un tiers environ les pertes par résistance ohmique.

En étudiant le cas d'une machine à cage d'écureuil recevant du courant monophasé, M. Leblanc établit par le calcul les équations relatives au facteur de surtension. L'application de ces formules aux harmoniques des différents rangs montre que, pour l'harmonique 11, la surtension ne serait plus que de 40 pour 100. Ce serait dans ce cas la surtension maximum, les harmoniques 3, 5, 7 et 9 étant supprimés par les dispositifs ci-dessus indiqués et les harmoniques d'ordre supérieur à 11 donnant des surtensions plus faibles encore.

Pour la même machine recevant du courant triphasé, le calcul indique des résultats encore plus satisfaisants et tels que, dans ce cas, on peut admettre l'harmonique de rang 5, la surtension étant moindre que dans la machine recevant du courant monophasé.

M. Leblanc indique la disposition pratique à laquelle on est ainsi conduit dans la construction d'un alternateur.

Il fait le schéma d'une machine à 8 pôles avec stator extérieur enroulé du circuit induit. Tout le long de l'entrefer, sur les épanouissements polaires, on place les tiges de maillechort de la cage d'écureuil qui constitue l'étouffeur d'harmoniques.

Lorsque la machine doit comporter des circuits amortisseurs, on dispose sur une paire de pôles les étouffeurs, sur la paire de pôles suivante les amortisseurs et ainsi de suite, la seule différence étant que les barres de l'étouffeur ont une grande résistance tandis que celle des barres de l'amortisseur est faible.

Ces dispositifs ne peuvent pas s'appliquer aux moteurs d'induction à cage d'écureuil, mais ils s'appliquent à ceux à induits enroulés ainsi qu'aux moteurs d'induction à collecteur.

M. Leblanc termine en signalant les résultats pratiques excellents obtenus tout récemment et qui viennent confirmer la théorie. C'est à Belfort, sur un alternateur de la Société alsacienne de Constructions Mécaniques, qu'ont été faites les expériences. Un dispositif particulier permettait de faire fonctionner la machine avec ou sans étouffeur. Dans les deux cas, la courbe de tension à vide était à peu près semblable. En branchant sur une capacité de plus en plus grande, la courbe reste bien sinusoïdale quand on emploie l'étouffeur tandis qu'au contraire elle se déforme de plus en plus sans l'étouffeur. C'est ce que montrent nettement les courbes projetées.

L.-J.

Gazogène Mason pour charbons gras. (*Engineering*, t. LXXVIII, p. 540, 21 octobre 1904). — La plupart des gazogènes exigent l'emploi de charbons spéciaux; lorsqu'on emploie des charbons gras, il faut adjoindre aux gazogènes des appareils d'épuration dont le coût élevé ne peut s'accommoder qu'avec une grande puissance de production (40 à 50 tonnes de charbon par jour dans les gazogènes Mond). Le gazogène Mason paraît permettre l'emploi des charbons gras dans les installations beaucoup moins importantes. Le gaz est puisé vers le milieu du gazogène, où la température est assez élevée pour que les produits de la distillation de la houille se trouvent décomposés; quant à ces produits, qui se rassemblent au haut de l'appareil, ils sont aspirés de cette région de l'appareil et refoulés sous la grille de manière à être décomposés dans la région chaude. Le gaz puisé au milieu est épuré par son passage dans une sorte de jeu d'orgues, puis dans une colonne à coke et enfin dans un laveur. Cette description est illustrée par 8 figures donnant diverses coupes et une vue photographique de l'appareil.

Les moteurs à gaz dans les stations centrales, par H. CAMPBELL. Mémoire présenté le 17 novembre à la section locale de Leeds de l'Institution of Electrical Engineers (*Engineering*, t. LXXVIII, p. 835-838, 16 déc.; *Elect. Review*, Londres, t. LV, p. 894-897, 2 déc.).

Sur la production de l'énergie électrique par les chutes d'eau et par le charbon en Angleterre, par F. RISTORI. (*Engineering*, t. LXXVIII, p. 843, 23 déc.).

Séparation et analyse des pertes dans les dynamos à courant continu, par F.-J. BRUNSWICK. (*Ind. élect.*, t. XIII, p. 595-596, 25 déc.).

Rendement des dynamos compounds à courant continu, par W. D. MOODY. (*Elect. Wo. a. Eng.*, t. XLIV, p. 1090, 24 déc.). — L'auteur fait l'exposé de la manière dont on doit conduire les essais pour la détermination du rendement et indique les résultats qu'il a obtenus.

Application des alternateurs compound, système Boucherot, aux mines d'Anzin. (*Industrie électrique*, t. XIII, p. 495-500, 25 oct. 1904). — Après quelques considérations générales sur le principe et les avantages du compoundage des alternateurs, l'auteur, M. E.-J. Brunswick, décrit les installations de la station centrale de Saint-Waast et de la fosse Saint-Louis, aux mines d'Anzin. — La station centrale comprend 3 moteurs à vapeur Dujardin et trois alternateurs compound Boucherot de 290 kilowatts avec excitatrices à enroulements sinusoïdaux; les courants triphasés à 2500 volts et à la fréquence 42 sont utilisés à l'éclairage et à l'alimentation de nombreux moteurs; les plus importants de ceux-ci sont deux moteurs Boucherot à grand couple de démarrage actionnant deux ventilateurs centrifuges Rateau installés à la fosse Saint-Louis. — En terminant l'auteur cite les chiffres suivants qui montrent l'extension continue et rapide des alternateurs compound Boucherot: la puissance totale des alternateurs compound construits de 1899 à 1901 a été de 1688 kilowatts; en 1902 elle a été de 880 kilowatts; en 1903 de 1671 kilowatts; pendant le premier semestre 1904 de 1488 kilowatts.

Sur les alternateurs compounds, par MILES WALKER. Communication faite le 29 novembre à la section de Manchester de l'Institution of Electrical Engineers. (*Elect. Review*, Lond., t. LV, p. 1081, 30 déc.). — Après avoir rappelé le procédé de compoundage de Heyland, l'auteur décrit un procédé de son invention.

Recherches hydrodynamiques et électromagnétiques sur la distribution du flux magnétique dans les armatures dentées, par HELESHAW, A. HAY et P.-H. POWELL. Communication faite le 24 nov. à l'Institution of Electrical Engineers. (*Elect. Rev.*, t. LV, p. 1002, 16 déc.; *Electrician*, t. LIV, p. 307 et 350, 9 et 16 déc.).

Accumulateur; François-Alcide GÉNARD (brevet français 340559 du 19 février 1904). — L'élément se compose d'un récipient cylindrique étanche en ébonite, celluloïd, etc. Un premier réseau conducteur à l'intérieur s'appuie sur ce récipient. On introduit ensuite une boîte analogue au récipient mais en porcelaine poreuse. Entre cette boîte et le récipient existe un intervalle suffisant pour recevoir la matière active positive qui emprisonne le réseau conducteur. A l'intérieur de cette boîte on dispose un deuxième réseau conducteur, puis une deuxième boîte. Celle-ci est ouverte aux deux extrémités; elle est perméable, mais elle peut être aussi en ébonite, celluloïd ou plomb et munie de perforations. C'est elle qui renferme l'électrolyte. La matière négative, introduite entre cette boîte et la précédente, emprisonne le deuxième réseau conducteur.

Au-dessus de chaque partie annulaire de matière active, on dispose un bracelet en caoutchouc qui forme joint. Enfin l'élément est fermé par un couvercle. — Le brevet mentionne également la disposition de deux éléments en tension placés concentriquement et dont l'un est plus petit que l'autre, de telle sorte que, lorsque survient l'épuisement du premier, on dispose encore néanmoins de 2 volts et l'on est averti qu'il faut recharger.

Système de montage des piles primaires et secondaires; GUIET (brevet français 340899 du 2 mars 1904, 3 figures). — Afin d'éviter la soudure intérieure des connexions, les queues de plaques sont courbées intérieurement de façon à s'accoter pour traverser le couvercle par le trou ménagé à cet effet. Au dehors, on réunit ces queues soit par vis, soit par soudure. On les entoure ensuite d'un tube de celluloïd fixé d'une façon étanche au couvercle par une colle convenable et l'on remplit ce tube de paraffine, goudron, brai, cire, résine ou graisse, ce qui évite les suintements du liquide de l'élément.

BREVETS RÉCENTS.

Piles: BRANDT. USAP. 775892, 20 avril 1904 (pile en batterie). — KATZ. BP. 12615, 1904 (pile thermo-électrique). — MÜLLMANN. DRP. 157416, 4 août 1903 (pile). — SOCIÉTÉ LE CARBONE. BF. 346215, 14 septembre 1904 (perfectionnements aux piles électriques à liquides immobilisés). — ZIEGENBERG. BF. 346104, 7 sept. 1904 (élément galvanique zinc et superoxyde de plomb avec électrode positive résistant à l'acide).

Divers: ACLY. BP. 2458, 1904 (porte-balais). — COOCH. BP. 6411, 1904 (porte-balais). — DEUTSCH. USAP. 774163, 14 mai 1903 (porte-balais pour génératrice). — DOUGHERTY. USAP. 769792, 17 oct. 1903 (filtre à eau d'alimentation). — GENERAL ELECTRIC CO. BP. 27892, 1903 (porte-balais). — MAYOR et COULSON LD. BP. 25990, 1903 (porte-balais). — REES. BP. 571, 1904 (montage de porte-balais). — SPLITDORF. USAP. 774115, 19 oct. 1903 (condenseur). 772438, 23 janvier 1904 (vibrateur pour bobine de Ruhmkorff). — WEIDAW et BARNEY. DRP. 157844, 5 août 1902 (porte-balais).

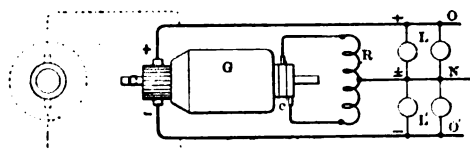
TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Distribution à trois fils, par F. HARDIE JEANNIN.
(*Electrical World and Engineer*, t. XLIV, 22 octobre 1904, p. 683-686).

Dans cet article l'auteur passe d'abord en revue les divers systèmes appliqués dans les distributions à trois fils et décrit ensuite un perfectionnement imaginé par lui ⁽¹⁾.

Un système parfois adopté est celui que représente la figure 1 : une génératrice G alimente par l'intermé-

Fig. 1.



Système du compensateur et de l'égalisateur de tension.

diaire de son collecteur C les conducteurs extrêmes O et O' et, par deux balais frottant sur des bagues, une bobine de réactance R, dite *compensateur*, au milieu de laquelle est relié le conducteur neutre. Ce système est bien connu. Dans un autre, la machine G, qui est en somme une commutatrice fonctionnant comme génératrice, peut être employée comme machine auxiliaire pour égaliser la tension ⁽²⁾. La génératrice représentée en pointillés sur la figure se rapporte à ce cas.

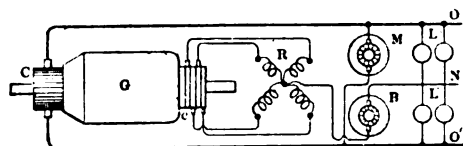
Ce système présente un inconvénient que n'ont pas les deux premiers : s'il maintient équidistants les potentiels des points de départ des trois conducteurs, il ne permet pas de compenser, sur l'un ou l'autre pont, les chutes ohmiques de tension variables avec la charge. En raison des pertes de tension dans les appareils, la tension diminue même plutôt sur le pont surchargé, tandis qu'elle devrait augmenter.

Pour remédier à cet inconvénient, on peut adjoindre aux compensateurs un survolteur B, en série avec le conducteur neutre et commandé par le moteur M (fig. 2). Dans le cas de charges inégales, la tension du survolteur s'ajoute à celle de l'un des

ponts et se retranche de celle de l'autre. Mais ce système n'est pas aussi flexible que ceux où l'on emploie deux génératrices ou deux égalisateurs de tension.

Quand on emploie les commutatrices, il y a intérêt à pouvoir alimenter une distribution à trois fils par

Fig. 2.



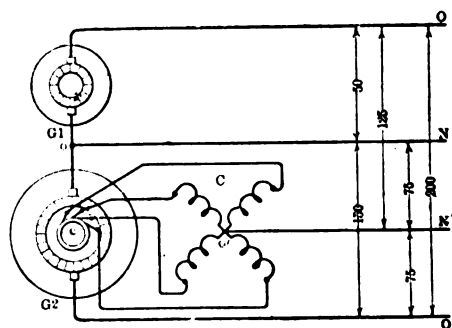
Compensateur et survolteur.

une seule de ces machines : on y arrive en reliant le conducteur neutre à un point de potentiel nul. Ainsi, dans le cas d'une commutatrice monophasée, le conducteur neutre est relié au milieu de l'enroulement secondaire du transformateur. La figure 1 peut représenter ce cas, R figurant alors le secondaire du transformateur.

On applique une disposition analogue avec les commutatrices diphasées ou triphasées. Ce système a l'inconvénient déjà signalé : il ne permet pas de compenser les pertes ohmiques dans la ligne et dans les appareils, quand les charges sont inégales.

En combinant le système des deux génératrices et celui des compensateurs, la *General Electric Company* a réalisé dernièrement une application intéressante pour une entreprise de l'Afrique du Sud. Il s'agit d'une distribution qui doit fournir l'énergie à des moteurs d'atelier. Elle est représentée par la figure 3. G₁ est une génératrice de 50 volts, en série

Fig. 3.



Système des deux génératrices et système du compensateur combinés.

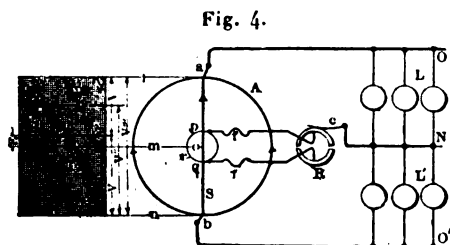
avec une autre de 150 volts, G₂; celle-ci est munie de bagues de prise de courant, reliées à un compensateur C; O et O' sont les conducteurs extrêmes; N est le neutre par rapport aux deux génératrices, et N', relié au compensateur en O', est le neutre de

⁽¹⁾ Le système des deux dynamos couplées en série dont le pôle commun est relié au fil neutre est le premier en date, c'est celui qu'indiqua Edison. On eut ensuite recours au système des égalisateurs de tension : une génératrice principale alimentant les conducteurs extrêmes, et deux machines auxiliaires branchées sur chacun des ponts, accouplées mécaniquement et fonctionnant l'une en moteur, l'autre en génératrice, quand les charges deviennent inégales.

⁽²⁾ Les commutatrices employées comme égalisateurs de tension ont cet avantage qu'elles peuvent être, ainsi que leurs compensateurs, de dimensions relativement faibles, en raison de la vitesse relativement grande que l'on peut leur donner.

la génératrice G . Ce système convient bien à l'alimentation de moteurs à démarrages et à changement de vitesse fréquents. Pour le démarrage, on branche d'abord le moteur sur le réseau à 50 volts, ensuite sur les réseaux à 75, 125, 150 et 200 volts, l'excitation étant constamment prise sur le réseau à 200 volts, ce qui permet l'emploi de machines normales.

L'auteur a imaginé un moyen de survolter le pont surchargé, permettant de compenser dans certaines limites les pertes qui accompagnent l'inégalité des charges. Ce système est représenté schématiquement par la figure 4. On suppose, pour plus de simplicité,



Système de survoltage.

qu'il s'agit d'une commutatrice monophasée; A est l'armature, S le transformateur qui l'alimente; a et b les balais; R est un redresseur de courant relié à S par des contacts glissants et des câbles souples f et f' , prenant contact en p et q ; c est le balai du redresseur auquel est relié le neutre, N . Les contacts p et q se déplacent toujours simultanément, se rapprochant ou s'écartant du centre o . Ils sont commandés par un relais en série avec le neutre et se déplacent de la manière suivante : quand la charge L' est plus forte que la charge L , p et q s'éloignent du centre o , p allant vers a et q vers b . Si L et L' se rapprochent alors de l'égalité, p et q se meuvent en sens contraires à ceux du cas précédent, se rapprochant tous les deux de o .

Quand les charges L et L' sont égales, p et q sont en o . Si la charge L devient plus forte que la charge L' , p et q s'éloignent de o , p allant vers b et q vers a , après s'être croisés en o .

Pour toute position de p et de q autre que le point o , la tension du redresseur s'ajoute à celle du pont dont la charge est la plus forte et se retranche de celle de l'autre. Le redresseur agit donc comme un survolteur ⁽¹⁾.

P. LABROUSTE.

⁽¹⁾ La partie gauche de la figure 4 aide à faire comprendre les propriétés générales du système. On a mené les lignes parallèles l , m , n , passant par a , o , b , et la région ombrée représente la tension continue pendant un certain intervalle de temps. Les distances entre les lignes l , m , n sont proportionnelles aux tensions entre les points a , o , b . Si d'abord on ne tient pas compte du redresseur, la ligne m est maintenue

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : ARNOLD. USAP. 776374, 17 déc. 1901 (distribution polyphasée pour traction). — ARTOM. BP. 23478 et 23488, 1903 (transmission d'énergie électrique). — BLISS. USAP. 773917, 3 fév. 1902 (système de distribution par génératrice et batterie d'accumulateur). — CRAVEN. BP. 24680, 1903 (transmission électrique). — FINZI. BF. 346533, 12 sept. 1904 (système pour régler le voltage dans les circuits d'utilisation alimentés par un courant alternatif). — LINCOLN. USAP. 774764, 30 sept. 1903 (système de distribution). — MEISSNER. USAP. 775595, 16 juin 1899 (distribution par courant alternatif). — SIEMENS-SCHUCKERT et C^o. DRP. 157507, 4 mars 1904 (alimentation d'un réseau par plusieurs sources d'électricité). — THOMAS. BF. 346037 et 346038, 3 sept. 1904 (distribution électrique).

Prises de courant : BEERWALD. USAP. 771410, 30 nov. 1903 (boîte pour prise de courant à l'usage des théâtres). — BOUCHET. BP. 16581, 1904 (borne). — GUTTMANN. USAP. 774469, 4 mai 1903 (colonne de prise). — HAVENS. USAP. 775037, 3 nov. 1903 (boîte de jonction). — HUBBELL. USAP. 776326, 26 fév. 1903 (bloc de porcelaine à fiches multiples pour prise de courant).

Interrupteurs : CARTER, HALL AND SONS. BP. 4918, 1904 (interrupteur automatique). — GUILLE. BF. 346112, 8 sept. 1904 (interrupteur automatique électrique unipolaire à mercure et à rupture brusque). — HELLMUND. USAP. 776059, 27 nov. 1903 (interrupteur à huile produisant une agitation du liquide au moment de la rupture du contact). — JOHNSON. USAP. 774181, 7 déc. 1903 (interrupteur pour hautes fréquences); 774486, 2 av. 1904 (dispositif de fermeture du circuit). — WHIPP. BP. 23521, 1903 (interrupteur).

Résistances et rhéostats : BAXTER. USAP. 773777, 5 mars 1903. — CHRISTENSEN. USAP. 776454, 24 août 1903. — CREIGHTON. BP. 2459, 1904 (compensateur). — FRANK. USAP. 771237, 2 fév. 1903 (bobine de réactance). — GENERAL ELECTRIC CY. BP. 25849 et 26460, 1903. — NELSON. USAP. 770472, 5 juil. 1904. — SCOTT. USAP. 770660, 28 mai 1904. — VEDOVELLI. DRP. 156407, 26 avril 1904. — WADDELL. USAP. 774460, 25 nov. 1903.

équidistante de l et de n quel que soit le partage de la charge, puisque le neutre N est relié au transformateur S en o . Si maintenant le point de connexion de N et de S vient à quelque distance du centre, soit en p , un courant alternatif prendra naissance dont la valeur maxima sera égale à op ; il circulera dans le même circuit que le courant continu, c'est-à-dire entre les lignes l et n , sans affecter la tension entre les conducteurs O et O' . Au moyen du cercle r , on trace la courbe $XX'X$ qui représente la variation de ce courant alternatif et sa relation avec les tensions sur les deux ponts du circuit. Quand le redresseur fonctionne, la partie de la courbe qui est au-dessous de la ligne m apparaît au-dessus de cette ligne et l'on a la courbe XXX . Alors la tension entre O et N est V' ; entre N et O' , $\frac{V''}{2} + E$, et entre O et O' , V'' .

Dans ce cas, la charge L' est plus forte que la charge L de sorte que la dissymétrie introduite en faisant varier le potentiel du neutre de la quantité E compense les pertes ohmiques sur le pont le plus chargé.

Ecartons encore provisoirement le redresseur et relierons le neutre N à l'extrémité de S , ce qui revient à le relier directement à l'armature A ; on obtient en $\gamma\gamma'\gamma$ la courbe correspondant à cette condition extrême; elle est semblable, en prenant par exemple l comme ligne de base, à la courbe des potentiels sur un collecteur. Redressant cette courbe, on obtient $\gamma\gamma'\gamma$, qui donne la tension V'' entre N et O' .

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Évite-molettes Karlik-Witte. — A l'exposition qui eut lieu à Arras pendant l'année qui vient de finir on remarquait plusieurs dispositifs électriques ayant pour but de ralentir et d'arrêter automatiquement à fin de course les cages et bennes des puits de mines. Nous avons donné une description sommaire de deux de ces évite-molettes, celui des mines de Liévin et celui des mines de Bruay, dans les numéros des 15 et 30 novembre (p. 276 et 301). Voici quelques détails sur l'évite-molette Karlik-Witte qu'exposaient MM. Rousselle et Tournaire, de Paris, comme représentants de la maison Siemens et Halske qui construit cet appareil.

Les deux parties essentielles du dispositif électrique sont un régulateur à force centrifuge r (fig. 1), très sensible, et un secteur e muni d'un levier à contre-poids commandé par une tige d . Le régulateur est constitué par trois tubes mé-

talliques c, b, c , les deux extrêmes coudés en $>$, contenant du mercure dont le niveau est en ax quand le régulateur est au repos; un flotteur i contenu dans le tube central b agit sur un levier horizontal (perpendiculaire au plan de la figure et par suite non visible sur celle-ci) articulé à une tige verticale terminée par un contact métallique k appuyant sur le secteur e ; quand le régulateur tourne, le flotteur s'abaisse, le mercure étant chassé dans les tubes latéraux par la force centrifuge, et ce mouvement du flotteur fait monter le contact k . Sur le secteur e sont fixées trois bandes métalliques h_1, h_2, h_3 , reliées, la première à un circuit s contenant deux petites cartouches u , les deux autres à un circuit x contenant une sonnerie y .

La tige d , qui commande le secteur e , est dans la position indiquée par la figure 1 pendant presque toute la durée d'ascension des cages; mais, lorsque celles-ci ne sont plus qu'à quelques mètres du niveau de la recette du jour ou de

Fig. 1.

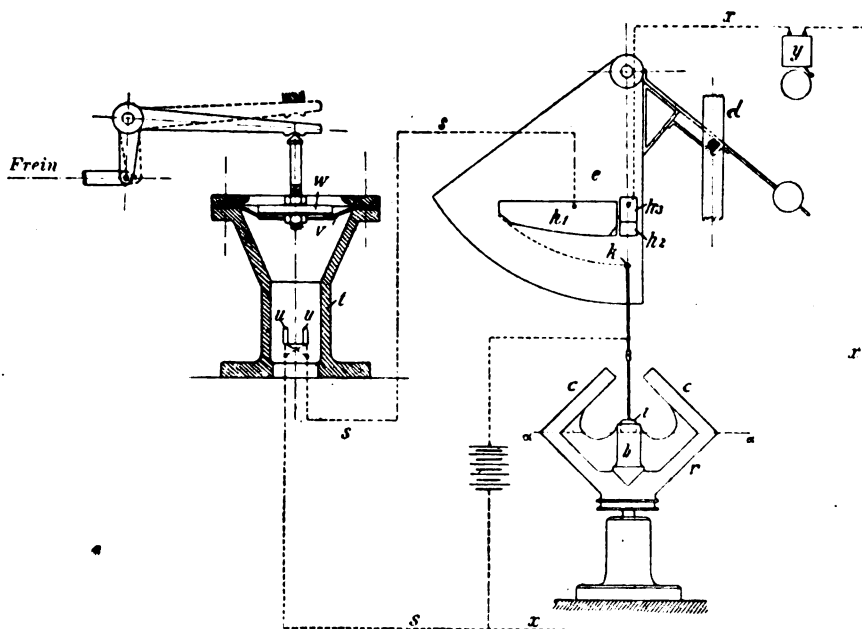


Fig. 2.

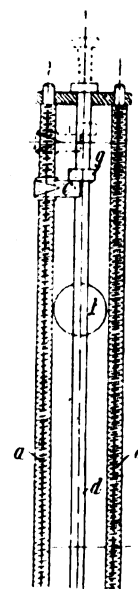


fig. 2) mû par la vis a et indiquant à chaque instant la position des cages; ce mouvement de la tige entraîne le secteur e dont la bande métallique h_1 vient alors au-dessus du contact k . Si à ce moment la vitesse des cages est, par suite d'une inattention du mécanicien, plus grande qu'il ne convient, le régulateur, qui est commandé par le treuil d'extraction, tourne lui-même trop vite et le flotteur i est trop bas; par suite, le contact k , que le levier horizontal le reliant à i fait mouvoir en sens inverse, se trouve trop haut et vient toucher la plaque métallique h_1 , l'appareil étant convenablement réglé. Les cartouches u explosent alors et le piston w reposant sur le cuir v qui ferme le cylindre d'explosion t est soulevé et provoque le fonctionnement immédiat du frein.

Les deux plaques métalliques h_2 et h_3 ont pour but d'avertir le mécanicien lorsque la vitesse des cages dépasse la limite admise en fonctionnement normal; le secteur e étant dans la position indiquée par la figure 1, le contact k vient en effet toucher l'une de ces plaques et fermer le circuit x de la sonnerie y quand la vitesse est trop grande. Il y a

la recette du fond, la tige d est soulevée par le curseur c d'ailleurs deux limites de vitesse, l'une pour la descente et la montée des hommes, à laquelle correspond la plaque h_2 , et l'autre plus grande pour la montée du charbon et à laquelle correspond la plaque h_3 . Le circuit peut non seulement actionner la sonnerie y mais aussi un frein à action progressive ralentissant automatiquement le mouvement des cages.

Divers dispositifs de sûreté peuvent compléter l'installation. Ainsi, pour que l'accrocheur de la recette du jour ou du fond puisse arrêter de suite la cage dans le cas où celle-ci se mettrait trop tôt en mouvement, par suite d'un signal mal compris, les deux recettes sont munies de touches d'alarme montées sur le circuit s à portée de la main de l'accrocheur qui peut ainsi produire l'inflammation immédiate des cartouches; ces touches d'alarme ne peuvent d'ailleurs fonctionner qu'autant que la cage ne s'est pas déplacée de plus de 5^m : pendant le reste du mouvement le cylindre d'explosion est mis automatiquement hors du circuit des touches.

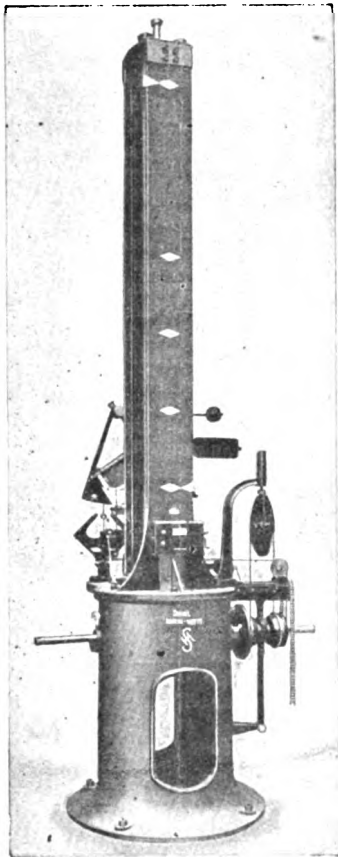
On peut aussi utiliser la pression du contact k contre le

secteur pour inscrire sur celui-ci la courbe des variations de vitesse des cages à la fin de la cordée, c'est-à-dire à partir du moment où le secteur est mis en mouvement par la tige *d*.

Plusieurs de ces évite-molettes sont installés depuis près de deux ans dans quelques mines de Silésie; leur fonctionnement a toujours été satisfaisant, soit qu'il ait été provoqué intentionnellement lors des essais, soit qu'il ait été dû à un oubli du machiniste.

La figure 3 donne une vue générale de l'appareil. A la

Fig. 3.



partie supérieure du socle cylindrique portant les curseurs indicateurs de niveau on voit l'arbre qui fait mouvoir ces curseurs et le régulateur centrifuge placé à gauche, au-dessus du socle. Le secteur et son contre-poids sont en partie visibles de part et d'autre de la plaque sur laquelle se meuvent les curseurs.

Perforatrice électropneumatique Gibson (*Electrical Review*, Londres, t. LV, p. 813, 18 novembre 1904). — C'est une perforatrice à percussion, avec mouvement de rotation simultané du foret. Ce double mouvement est produit par un piston, sur les deux faces duquel agit de l'air comprimé pour avoir le mouvement alternatif, et dont la tige porte un filet hélicoïdal à pas allongé donnant le mouvement de rotation. L'air comprimé est fourni par une petite pompe commandée par un moteur triphasé de 2 chevaux; il est conduit à la perforatrice par un tube flexible; un second tube ramène à la pompe l'air détendu. Cet ensemble permet de profiter des

avantages pratiques que présente la perforatrice à air sur la perforatrice électrique, en éliminant les inconvénients que présente la transmission de l'énergie à distance par l'air comprimé, genre de transmission dont le rendement ne dépasse guère 10 pour 100 lorsqu'il s'agit de commande de perforatrices. Suivant l'article, l'emploi de ces perforatrices mixtes au lieu de perforatrices à air comprimé permet de faire une économie de 50 pour 100 sur les frais de premier établissement lorsqu'on dispose déjà d'une usine électrique; si l'usine est à créer, l'économie est encore de 35 pour 100, la puissance de l'usine électrique étant notablement inférieure à celle de l'usine à air comprimé, par suite du meilleur rendement de la transmission par l'électricité.

Calcul des électro-aimants à longue course, par S.-P. THOMPSON (*Elect. Wo. a Eng.*, t. XLIV, p. 997-1000, 10 déc.).

Signaux automatiques de block-systèmes, par R. SCOTT (*American Electrician*, t. XVI, p. 620-625, décembre). — Étude détaillée et largement illustrée.

BREVETS RÉCENTS.

Moteurs : BERG. USAP. 775439, 9 avril 1904 (moteur à courant alternatif). — FYNN. USAP. 777198, 17 sept. 1903 (moteur à courant alternatif). — HABLACHER. DRP. 157576, 7 déc. 1901 (compoundage de moteurs asynchrones). — LAMME. USAP. 775334, 27 fév. 1904 (moteur à courant alternatif). — LOSER. DRP. 157885, 15 mai 1904 (moteur électrique). — PFATISCHER. USAP. 775310, 7 avril 1904 (moteur). — REITZ et KLEMM. DRP. 157913, 12 mai 1904 (moteur). — SOCIÉTÉ ARNOLD MAGNETIC CLUTCH CY. BF. 346940, 16 août 1904 (appareils à courants alternatifs pour la transmission de la force motrice). — THOMSON-HOUSTON. BP. 1481 et 1482, 1904 (moteur alternatif). — TZIEL. DRP. 157704, 28 oct. 1903 (machine mono ou polyphasée excitée par un champ tournant).

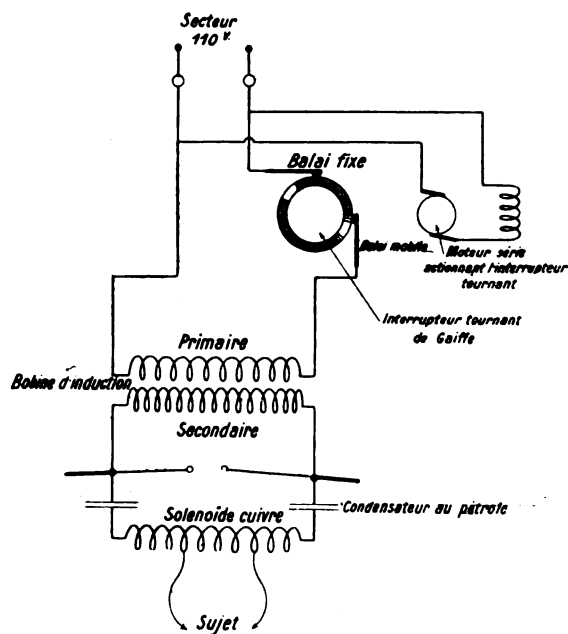
Démarrage, régulation et freinage : BOND. USAP. 777489, 21 oct. 1903 (régulateur de vitesse pour moteurs). — CARICHOFF. USAP. 777883, 2 juin 1904 (contrôle de la vitesse des moteurs). — CARY. USAP. 775329, 18 fév. 1904 (arrêt automatique de marche). — MERLANDER et Co. DRP. 157719, 30 juillet 1903 (lubrifiants conducteurs de l'électricité). — PREUTZ. DRP. 157843, 31 juillet 1904 (résistance de mise en marche). — PRICE. USAP. 777536, 24 fév. 1903 (contrôleur pour moteur). — RISSO. BP. 6429, 1904 (embrayage). — SMITH et GEORGE. USAP. 775317, 2 avril 1904 (contrôleur de moteur). — STEWART, TURNER et DIXON. BP. 26124, 1903 (contrôleur de moteur).

Électro-aimants : PIKK. USAP. 777221, 9 oct 1903 (électro-aimant pour soulever les fardeaux). — SCHWEITZER. USAP. 777148, 18 mai 1904 (bobine d'électro-aimant).

Appareils et machines : BAUMANN. DRP. 157934, 13 sept. 1903 (production d'un mouvement alternatif ou rotatif). — DAWES. BP. 27998, 1903 (séparateur magnétique de minerai). — DWORZYNSKI. BP. 15155, 1904 (balance). — FEINGOLD. USAP. 778021, 21 juin 1904 (appareil électro-magnétique produisant un va-et-vient). — GAHAN (MAC). USAP. 770865, 20 janv. 1903 (chercheur de terres). — HOWELL. BP. 24701, 1903 (multiplication de force électrique). — LIEBEN (VON) et REISZ. BP. 21795, 1904 (embrayage électro-magnétique). — MOFFATT. BP. 26954, 1903 (ascenseur électrique). — PERRET. USAP. 777974, 27 mai 1904 (actionnement des sonneries). — RICHMOND et CAREY. BP. 45, 1904 (ascenseur). — ROWNTREE. USAP. 778073, 4 mars 1902 (élévateur). — SMITH. USAP. 777153, 14 juillet 1904 (contact pour pianos électriques). — WAGNER. USAP. 778206, 11 juillet 1904 (marteau électrique). — WEHNELT. DRP. 157845, 15 janv. 1903 (ventilateur).

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Sur un cas d'oscillations à haute fréquence sur des circuits téléphoniques, d'après une Note communiquée par F. DE PONCHARRA, attaché aux Services électriques de la Compagnie des Chemins de fer du Nord. — Cette influence a été constatée sur le réseau téléphonique de Valenciennes dont les fils sont souvent parallèles et croisent fréquemment les conducteurs du réseau aérien de distribution d'énergie (courant continu, 220-110 volts) de la compagnie « la Départementale »; les oscillations étaient produites par le fonctionnement d'un appareil médical à haute fréquence du type Gaiffe représenté schématiquement par la figure ci-jointe et dont le primaire ainsi que le moteur faisant tourner l'interrupteur tournant étaient branchés sur un des ponts à 110 volts du réseau de distribution. On en fit tout d'abord



l'hypothèse que les perturbations téléphoniques étaient dues à des ondes de haute fréquence produites par l'appareil et transmises par l'air aux circuits téléphoniques, et pour cette raison l'Administration des Postes et Télégraphes proposa de tapisser les murs de la salle où se trouvait l'appareil de plaques métalliques destinées à s'opposer à la propagation de ces ondes au delà de cette salle. Mais avant d'appliquer cette solution on rechercha si l'hypothèse émise était bien exacte et l'on reconnut qu'en réalité les perturbations étaient produites par l'interrupteur de la bobine de l'appareil médical : on remarqua, en effet, que le bruit entendu dans les téléphones avait la fréquence de l'interrupteur tournant; que, d'ailleurs, ce bruit ne cessait pas quand on écartait suffisamment les boules de décharge du secondaire de la bobine pour empêcher la production d'étincelles, et par suite la production d'ondes dans l'air; qu'enfin le bruit s'entendait encore, bien que très affaibli, quand on remplaçait la bobine par une lampe à incandescence placée sur le circuit de l'interrupteur et qu'il y avait alors 4 ou 5 oscillations rapidement amorties mais intéressantes tout le réseau de distribution d'énergie. — La cause des perturbations étant connue, le remède apparaissait très simple : il suffisait d'intercaler sur chacun des conducteurs du branchement alimentant l'appareil médical des bobines de self-induction destinées à étouffer

les oscillations provoquées par la fermeture et l'ouverture du circuit au moyen de l'interrupteur. C'est ce que l'on fit et les perturbations téléphoniques disparurent.

BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie : ARMSTRONG et ORLING. BP. 18854, 1903 (enregistreur pour télégraphe). — BARBOSA. USAP. 776985, 18 déc. 1903 (appareil pouvant servir de transmetteur, sonnerie, etc.). — BARCLAY. USAP. 777327, 5 avril 1904 (boîte d'appel). — DAMASKINOS. BF. 346484, 13 juin 1904 (appareil télégraphique automatique). — DIXON. USAP. 778177 et 778120, 22 avril 1902 et 16 mai 1904 (télégraphie multiplex). — ERWIN-SCHAEFFER. DRP. 157795, 25 juillet 1903 (télégraphe imprimeur). — HEWA. BP. 18252, 1904 (télégraphe). — JAMES. BP. 20478, 1903 (télégraphe). — KITSEE. USAP. 777250, 5 février 1904 (télégraphie sous-marine). — LODGE. BF. 346691, 29 sept. 1904 (télégraphie sous-marine). — LOLL et BOGT. DRP. 157841, 2 sept. 1903 (production de courants alternatifs pour télégraphie harmonique). — NEUBART. DRP. 157800, 10 fév. 1904 (télégraphe transmetteur automatique). — PEARSON. USAP. 778067, 12 nov. 1903 (manipulateur). — PEDERSEN. USAP. 775680, 31 juillet 1901 (relais). — SHOEMAKER. USAP. 777312, 18 janv. 1904 (télégraphie multiplex). — SOCIÉTÉ DE MATÉRIEL TÉLÉPHONIQUE. BF. 339184, 24 nov. 1903 (générateurs magnéto pour courants alternatifs ou redressés). — UNDERHILL. BP. 16871, 1904 (télégraphie). — WALDO. USAP. 776970, 19 oct. 1903 (commutateur). — WOOD. USAP. 776160, 9 mai 1904 (manipulateur). — **Télégraphie sans fil :** BRAUN. USAP. 776380, 26 juillet 1904 (production d'oscillations électriques). — MANDELSTAM. USAP. 776337, 8 sept. 1904 (signal par télégraphie sans fil). — MARCONI'S TELEGRAPH CO. BF. 346431 et 346432, 23 sept. 1904 (perfectionnements aux appareils transmetteurs de télégraphie sans fil). — MOURA (DE). USAP. 775846, 16 janv. 1902 (télégraphie sans fil). — SKIRROW. USAP. 776622, 23 juin 1903 (résonateur). — SLABY. USAP. 776359, 26 juillet (indicateur d'oscillations électriques). — THOMPSON. BP. 20804, 1904 (télégraphie sans fil). — TROY. USAP. 776876, 26 oct. 1904 (télégraphie sans fil).

Téléphonie : ADAMS-RANDALL. USAP. 777324, 22 déc. 1903 (système téléphonique). — ADDIE. USAP. 777172, 20 mai 1904 (attache pour téléphone). — ARCHIBALD-LOWRY. DRP. 157797, 9 oct. 1903 (téléphone); 157798, 9 oct. 1903 (commutateur). — BAETHIG. USAP. 777583, 25 avril 1903 (dispositif hygiénique pour transmetteur). — BERTY (MAC). USAP. 777217, 16 avril 1900 (contrôleur pour téléphone). — BIRNBAUM et WHITE. BP. 23009, 1904 (téléphone). — BRINKLE. USAP. 776290, 23 mars 1904 (commutateur pour ligne téléphonique). — CARBONNELLE. DRP. 157597, 14 mai 1903 (relais entre stations téléphoniques). — CHURCHILL-OTTEN. USAP. 775521, 19 juin 1903 (diaphragme hygiénique pour téléphone). — CROCKETT. USAP. 775521, 19 juin 1903 (système téléphonique). — CRUISKAND. USAP. 777607, 27 juillet 1904 (parleur). — FAIRWEATHER. BP. 14525, 1904 (téléphone). — HANSON. DRP. 157882 (transmission téléphonique); 157933, 7 mai 1904 (indicateur de fin de conversation). — JUST. USAP. 777954, 15 août 1902 (chaise pour téléphone). — KELLOGG. USAP. 776067 et 776068, 30 nov. 1891 et 29 juillet 1893 (tableau pour téléphones). — KRETZINGER. BP. 16479, 1904 (téléphone). — MUSITS. USAP. 777216, 24 nov. 1902 (appareil pour téléphonie sans fil). — LANDELL. USAP. 775337, 4 oct. 1901 (téléphone sans fil). — PARKER. USAP. 777429, 13 janv. 1904 (téléphone). — POHL. DRP. 157931, 24 mars 1902 (commutateur téléphonique). — QUARRIE (MAC). USAP. 777301, 1^{er} avril 1901 (signal pour tableau téléphonique).

ÉCLAIRAGE.

Lampe à incandescence à filament de tantale, par W. VON BOLTON et O. FEUERLEIN. D'après une traduction, communiquée par la maison SIEMENS et HALSKE, de Berlin, d'un article paraissant dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 26 janvier.

L'article comprend deux parties : l'une, par M. von Bolton, traite de l'obtention des fils de tantale métallique; l'autre, par M. Feuerlein, relate les divers essais qui ont conduit à la possibilité de la fabrication industrielle des lampes à incandescence à filament de tantale ne consommant que 1,5 watt par bougie Hefner.

I. Partant de ce principe que la partie lumineuse de la radiation d'un corps incandescent croît avec la température, la maison Siemens et Halske chargea, il y a cinq ans, M. von Bolton de rechercher une substance extrêmement peu fusible et ne se désagrégeant pas à température élevée, capable de remplacer économiquement le charbon des filaments des lampes à incandescence ordinaires. Or il existe un assez grand nombre de métaux dont la température de fusion dépasse 2000°; le problème posé se ramenait donc à trouver un de ces métaux qui pût s'étirer en fils fins sans trop de difficultés et dont la matière première ne fût pas d'une rareté excessive.

Le point de départ des recherches fut donné par la découverte que l'anhydride vanadique VO_3 est, contrairement aux assertions de Berzélius, bon conducteur de l'électricité à froid et que son électrolyse donne du vanadium métallique. Toutefois les essais faits avec ce métal ayant montré que sa température de fusion est trop basse pour le but désiré, M. von Bolton fit des recherches du même genre sur l'anhydride niobique et sur l'anhydride tantalique, le niobium et le tantale faisant partie du même groupe chimique que le vanadium. Le niobium fut trouvé moins fusible que le vanadium, mais encore trop facilement désagrégeable par le passage du courant électrique. Le tantale, encore moins fusible que le niobium, fut définitivement choisi.

La préparation de ce métal s'effectue par la méthode Berzélius consistant à réduire le fluotantalate de potassium par le potassium ou le sodium. La masse métallique ainsi préparée contenant une certaine quantité d'oxygène et d'hydrogène (ce dernier corps étant absorbé au moment de la réduction du fluotantalate), on la purifie en la fondant dans le vide à plusieurs reprises : l'oxygène se sépare par dissociation.

Le métal ainsi purifié a des propriétés assez différentes de celles attribuées jusqu'ici au tantale métallique. Sa couleur est un peu plus foncée que celle du platine, sa densité est 16,8, sa dureté est à peu près égale et sa ténacité un peu plus grande que celle de l'acier doux; il est malléable et ductile; sa résistance à la traction est plus grande que celle du meilleur acier : elle est de 93 kg : mm², et pour les fils très fins la résistance apparente va jusqu'à 190 kg : mm². Sa résistivité est 16,5 microhm-cm et son coefficient de température est positif et égal à 0,0030 entre 0° et 100°; à la température de l'incandescence normale de la lampe à 1,5 watt par bougie Hefner, la résistivité atteint 83 microhm-cm. Son coefficient de dilatation thermique est 0,000079 entre 0° et 60°. Il se ramollit à plusieurs centaines de degrés avant la température de fusion. Sa chaleur spécifique est 0,0363 et le produit de ce nombre par son poids atomique donne 6,69, ce qui est conforme à la loi de Dulong et Petit.

Au point de vue chimique, le tantale se caractérise par sa résistance à l'attaque par les alcalis et les acides : seul

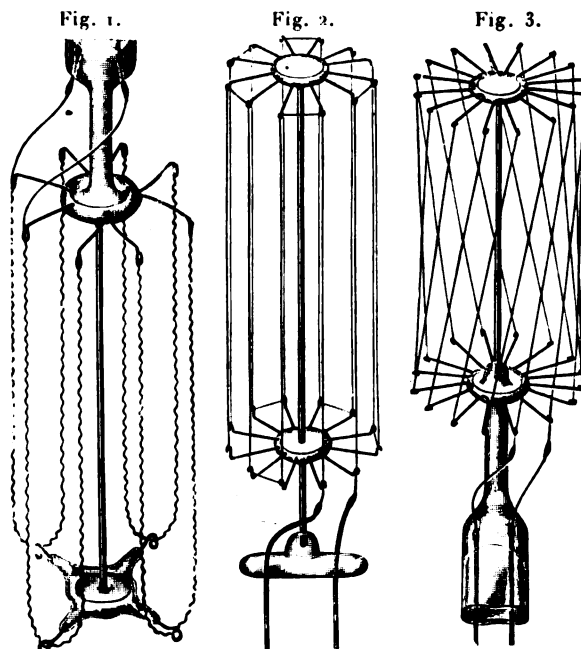
l'acide fluorhydrique l'attaque à la température ordinaire. Au rouge sombre il absorbe très facilement l'azote et l'hydrogène en donnant des combinaisons d'aspect métallique, mais très cassantes. Il se combine très facilement avec le carbone en donnant plusieurs carbures et M. von Bolton pense que le corps décrit par M. Moissan comme étant du tantale métallique est en réalité un mélange de métal et d'un carbure.

II. Les premiers essais de M. Feuerlein, en vue d'utiliser le tantale à la fabrication de filaments de lampes à incandescence, furent faits avec des fils d'environ 0^m,3 de diamètre. Le 28 janvier 1903, il réussit à obtenir une lampe dont le fil, enroulé en boucle, avait 54^m de long, 0^m,28 de diamètre et une résistance à froid de 0,29 ohm; les mesures photométriques montrèrent que des consommations de 2, 1,5 et 1 watt par bougie Hefner correspondaient aux tensions de 4,40, 4,95 et 5,9 volts avec des intensités de courant de 5,0, 5,46 et 6,20 ampères; à ce dernier régime la lampe dura seulement 20 heures et se noircissait rapidement.

De ces mesures il résultait qu'une lampe pour 110 volts, 32 bougies Hefner, consommant 1,5 watt par bougie, devrait être munie d'un filament de 520^m de longueur et 0^m,05 de diamètre. Les mesures ultérieures montrèrent que cette longueur devait encore être augmentée, le tantale du filament de la première lampe, qui contenait sans doute quelque trace d'impureté, ayant une résistivité à peu près double de celle que l'on trouva plus tard pour le tantale pur.

Les difficultés considérables entraînées par la confection de fils de 0^m,05 de diamètre ne furent surmontées qu'en juillet 1903; une lampe, fabriquée avec un de ces fils de 54^m de long enroulé en boucle, donna 3,5 bougies avec 0,58 ampère sous 9 volts, soit avec une consommation de 1,5 watt par bougie.

Restait la difficulté de loger dans une ampoule de dimensions ordinaires un fil de tantale de 50^m à 60^m de longueur, si l'on voulait rendre la lampe utilisable sur les circuits à

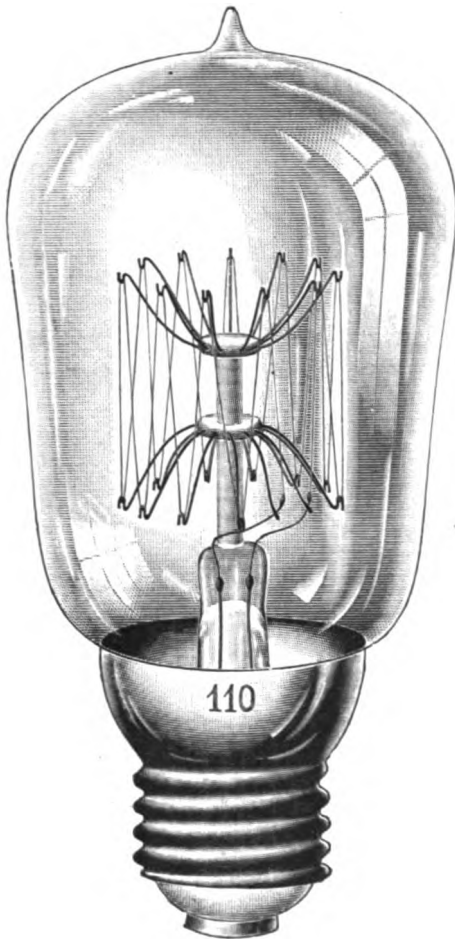


110 volts. Des essais faits avec des filaments à boucles multiples ne donnèrent pas des résultats satisfaisants, le tantale se ramollissant à la température d'incandescence correspondant au régime de 1,5 watt par bougie. Les boucles en fil

ondulé (fig. 1) ne donnèrent pas de meilleurs résultats. Il fallut diviser la longueur totale du filament en courtes sections droites soutenues à leurs extrémités par des porte-fils isolés.

La figure 2 représente la première lampe de ce genre qui fonctionna sous une tension voisine de 110 volts; elle date de septembre 1903. Cette lampe contient un porte-fil central fondu d'une pièce avec deux lentilles portant chacune 12 tiges isolées formant étoiles et se terminant par un petit crochet soutenant le fil de tantale. Au régime de 1,5 watt par bougie elle donnait 30 bougies Hefner sous une tension de 94 volts; sa durée fut de 200 heures, pendant lesquelles l'intensité lumineuse diminua de 9,5 pour 100. Une lampe analogue fut construite pour fonctionner sous 220 volts; son filament de 1^m,35 de longueur était soutenu par deux étoiles à 18 branches.

Fig. 4.



La figure 3 montre un modèle de lampe dans lequel le filament, au lieu d'être d'une seule pièce, est formé de 16 fils tendus obliquement entre 2 supports étoilés et montés en série. Ce modèle offre l'avantage de permettre l'emploi de fils de faible longueur, mais il faut que tous ces fils aient même diamètre et même qualité, ce qui est difficilement réalisable en pratique.

La figure 4 représente le modèle adopté sans changement depuis un an pour les lampes de 25 bougies Hefner sous

110 volts. Le porte-fil central est formé par une courte baguette de verre ayant deux lentilles dans lesquelles sont fixées les tiges de support s'étendant les unes vers le haut et les autres vers le bas. L'étoile supérieure se compose de 11, l'étoile inférieure de 12 tiges, placées de telle sorte que la projection de chaque tige supérieure se trouve entre les projections de deux tiges inférieures. Le filament, d'un seul morceau de 650^{mm} de long et 0^{mm},05 de diamètre, est passé en zigzags dans les crochets qui terminent ces 23 tiges et est relié au pied de la lampe par l'intermédiaire de conducteurs en platine; ce filament ne pesant que 0^g,022, on peut faire 5000 lampes avec 1^{kg} de tantale. Ajoutons que ce mode de construction a donné toute satisfaction : la lampe fonctionne dans n'importe quelle position et peut, par suite, être montée dans n'importe quelle pièce de garniture; elle résiste à des chocs assez forts et peut, comme l'expérience l'a montré, supporter de longs voyages par mer ou par chemin de fer dans un emballage ordinaire.

Le fonctionnement au régime de 1,5 watt par bougie Hefner a été adopté, bien qu'on ait obtenu des lampes fonctionnant plusieurs centaines d'heures, au régime plus économique de 1 watt par bougie, parce que dans ce dernier cas la lampe est très sensible aux variations de tension et que son intensité lumineuse diminue trop rapidement. Au régime adopté, la durée utile de la lampe, c'est-à-dire le temps pendant lequel la diminution de l'intensité est inférieure à 20 pour 100 de l'intensité initiale, est en moyenne de 400 à 600 heures; la durée absolue est en moyenne de 800 à 1000 heures et a atteint 1200 heures et plus pour quelques exemplaires. Au début de la mise en service, on constate une augmentation de l'intensité lumineuse, comme d'ailleurs on peut également le constater sur quelques types de lampes à filament de charbon; cette augmentation est de 15 à 20 pour 100, la consommation du courant s'élevant seulement de 3 à 6 pour 100; elle est due à un changement de structure du fil de tantale ayant pour conséquence une diminution de résistance. Le Tableau suivant indique les variations de l'intensité et de la consommation pendant la durée d'une lampe.

Durée.	Intensité lumineuse.	Consommation de courant.	Watts par bougie Hefner.
h	bougies	amp	
0... ..	25-27	0,36-0,38	1,5-1,7
5... ..	28-31	0,37-0,39	1,3-1,5
150... ..	25-27	0,36-0,38	1,5-1,6
300... ..	21-24	0,36-0,38	1,6-1,7
500... ..	20-21	0,36-0,38	1,9-2,0
1000... ..	18-20	0,35-0,37	2,1-2,2

Les modifications de structure subies par le filament sont très nettement visibles, au point de permettre de distinguer immédiatement une lampe neuve d'une autre ayant fonctionné quelque temps : le filament de cette dernière est plus étincelant. Observé au microscope, un filament ayant servi montre une tendance à la contraction capillaire ou à la formation de gouttes ou perles; c'est ce que l'on voit sur la figure 5 qui représente, avec un agrandissement égal à 100, un fragment de filament neuf et un fragment du même filament après 1000 heures de fonctionnement. Les modifications de structure sont accompagnées d'un raccourcissement que l'on peut facilement apercevoir en examinant le filament : quand la lampe est neuve, le filament forme des boucles amples sans points anguleux aux attaches (fig. 6); quand elle a servi, le filament est fortement tendu (fig. 7). Elles sont aussi accompagnées d'une diminution de la résistance mécanique : tandis qu'un filament neuf de 0^{mm},05 de diamètre peut supporter une charge de 400^g, un filament ayant fonctionné 200 à 300 heures est devenu cassant, à tel point qu'il est prudent de ne pas déplacer de leurs montures les lampes en service depuis quelque temps. Toutefois, la

rupture du filament n'entraîne généralement pas la mort de la lampe, car, le plus souvent, le bout cassé vient en contact avec un fragment voisin, et la lampe fonctionne de nouveau, même avec un plus vif éclat, sa résistance ayant

Fig. 5.



diminué. Certaines lampes ont pu durer 1000 heures bien que leur filament se fût rompu à plusieurs reprises : la figure 8 représente le cadre d'une lampe en fonctionnement

Fig. 6.

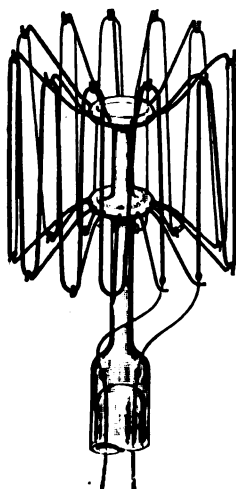
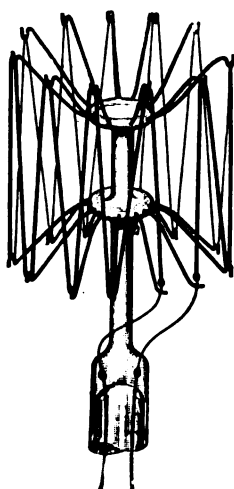


Fig. 7.

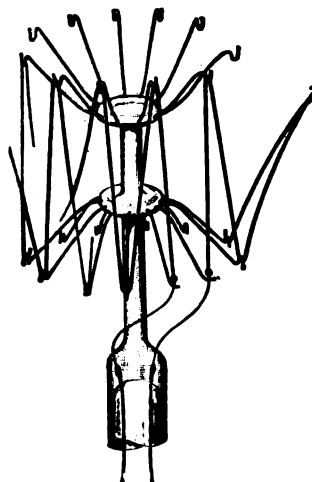


bien que le filament soit cassé à trois endroits ; pour plus de clarté, les boucles d'arrière ont été supprimées dans le dessin, et les boucles d'avant, parcourues encore par le courant, ont été dessinées en traits forts.

Un point intéressant du fonctionnement de la lampe à fil de tantale, et qui constitue une supériorité de cette lampe sur la lampe à filament de carbone, est qu'elle est peu sensible, au régime adopté, aux variations de tension. Ainsi, une lampe construite pour 110 volts ne se brise que si la tension atteint 260-300 volts, et elle peut fonctionner sous 160 volts pendant plusieurs heures sans noircir outre mesure alors qu'une lampe à filament de carbone, placée dans les mêmes conditions, devient en peu de temps complètement noire. Cet avantage provient de ce que la résistance du filament de tantale augmente quand la température s'élève, tandis que celle du filament de carbone diminue : l'augmentation du courant résultant d'une augmentation de tension se trouve donc limitée automatiquement dans une lampe à tantale, tandis qu'elle croît de plus en plus dans une lampe à carbone. La figure 9 montre graphiquement la variation de la résistance (Widerstand) du tantale (Tantal) et du carbone (Kohle) avec la tension (Spannung), la valeur 100 étant supposée représenter la tension et la résistance pour

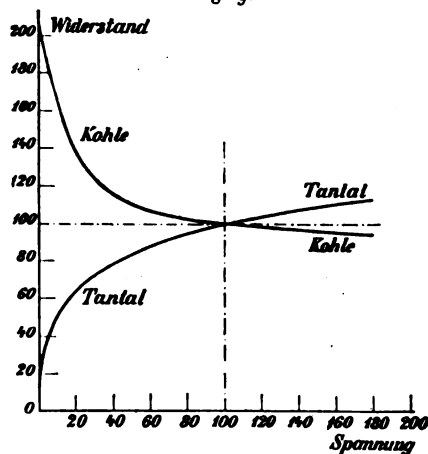
le régime de 1,5 watt par bougie Hefner ; il résulte de ce diagramme que, pour ce régime, la résistance du tantale monte à plus du quintuple de sa valeur primitive, tandis que

Fig. 8.



celle du carbone descend à la moitié de ce qu'elle était à froid.

Fig. 9.



En terminant, l'auteur annonce qu'à son avis des perfectionnements importants sont encore possibles, mais que, pour le moment et jusqu'à production du tantale sur une grande échelle, la Société Siemens et Halske s'en tiendra à la construction de la lampe de 25 bougies Hefner fonctionnant sous 100-120 volts.

BREVETS RÉCENTS.

Éclairage par incandescence : Lampes à filament : GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 2581, 1903. — LOTI ET LATZCO. BP. 8819, 1904. — STERN ET GREENE. BP. 18628, 1904 (douille pour lampe à incandescence). — SWEESTER. USAP. 778155, 2 février 1904 (lampe à incandescence).

DIVERS.

Le sélénium, son importance en électrotechnique et particulièrement dans la téléphonie optique, par ERNST RUHMER. Conférence faite le 22 mars 1904 à la Société des électrotechniciens allemands. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, 1^{er} décembre 1904, p. 1021-1030).

Après avoir rappelé les circonstances dans lesquelles Berzélius et Gahn découvrirent le sélénium, l'orateur indique les propriétés de ce corps ⁽¹⁾.

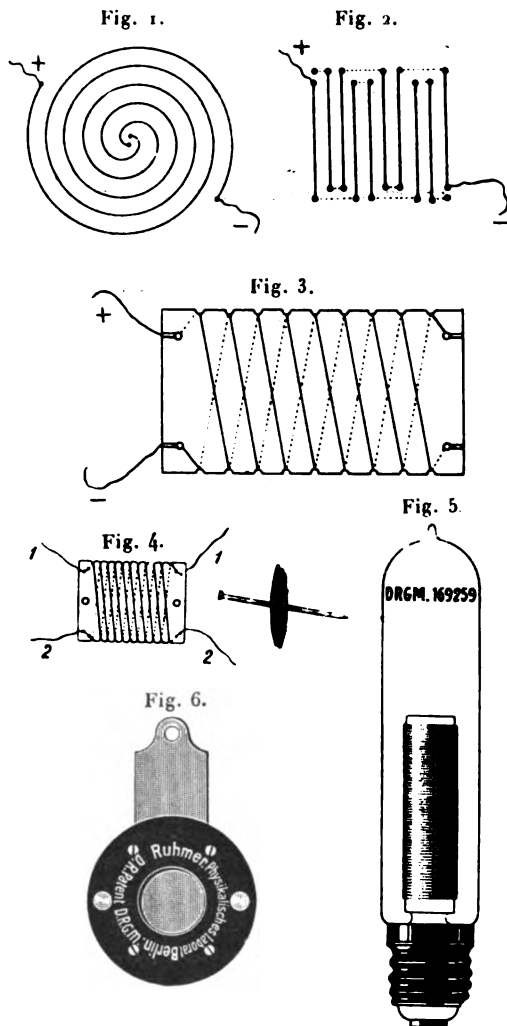
Les premiers éléments de sélénium ont été construits en 1875 par Werner Siemens. Deux fils fins en platine étaient enroulés en spirale (*fig. 1*) ou en zigzag (*fig. 2*) et placés sur une plaque de mica. On coulait dessus une goutte de sélénium vitreux fondu que l'on comprimait à l'aide d'une autre feuille de mica pour le forcer à occuper tous les intervalles. Les éléments de sélénium étaient ensuite plongés dans un bain de paraffine et maintenus pendant quelques heures à une température de 210° C., puis on les refroidissait très lentement. Avec un éclairage intense on abaissait la résistance de ces éléments de $\frac{1}{15}$.

La forme la plus employée est celle représentée en figure 3 et préconisée par Sheldford Bidwell. Les deux fils de cuivre sont enroulés autour d'une petite tablette en verre, mica ou ardoise. Ils sont distants de $\frac{1}{4}$ à un millimètre. L'auteur, E. Ruhmer, a employé une tablette de porcelaine. Le sélénium est introduit en couche aussi mince que possible d'un côté seulement, puis transformé par échauffement dans la modification cristalline. On peut ainsi obtenir à la lumière une résistance de 4 à 10 fois plus petite que la résistance à l'obscurité.

(1) On sait que le sélénium existe à l'état amorphe, formant une poudre rouge dans les boues des chambres de plomb. En le faisant fondre, on le transforme en une masse noire à surface brillante, rappelant la cire à cacheter, la température de fusion étant 100° C. En pellicules minces, il paraît alors rouge rubis. Sous cet état, c'est un isolant, il s'électrise par frottement. En le soumettant pendant un temps suffisamment long à une température de 100° à 200° C., on le transforme en une modification cristalline qui commence à conduire le courant électrique. Le sélénium ainsi obtenu a un aspect gris ardoise et, même en couches minces, est complètement imperméable à la lumière. Regnault a appelé cette variété *sélénium métallique* à cause de ses propriétés semblables à celles des métaux. En 1890, Bidwell a donné comme résistivité du sélénium cristallin la valeur 2500 még-ohms-centimètres.

En 1873, Smith utilisa le sélénium cristallin comme résistance dans son système de télégraphie. La résistance des baguettes employées fut trouvée extraordinairement variable et May, assistant de Smith, découvrit l'influence de la lumière sur la conductibilité du sélénium. La résistivité du sélénium cristallin diminue avec l'éclairement. Une simple bougie suffit pour donner une variation notable. Avec la lumière d'un fil de magnésium, la résistance baisse à la moitié de sa valeur.

E. Ruhmer a encore augmenté cette sensibilité en constituant le support (porcelaine ou stéatite de préférence) en deux parties réunies par leurs faces planes. Avec cette disposition, on peut, pendant



l'échauffement (*fig. 4*) tendre les fils qui s'allongent en faisant glisser les deux parties l'une sur l'autre et éviter par suite les courts-circuits. Les fils restent ainsi mathématiquement parallèles et peuvent être extrêmement rapprochés. Les éléments possèdent une résistance moindre, sont plus sensibles à la lumière et permettent le passage d'une plus grande intensité de courant que les autres éléments. La figure 5 représente un élément monté d'après ce procédé breveté. Il est renfermé dans un étui rond en ébonite, à coulisse, et muni des bornes de prise de courant. La grandeur est à peu près celle d'une montre. La surface circulaire sensible à la lumière est protégée par une fenêtre en mica.

Dans les applications à la Télégraphie et à la Téléphonie, on se sert plus avantageusement de la forme représentée en figure 6. Ici le support des conducteurs est cylindrique et enfermé dans une ampoule munie d'un culot qui peut s'adapter aux douilles des lampes à incandescence, ce qui est très commode. Dans l'ampoule on a fait le vide ⁽¹⁾.

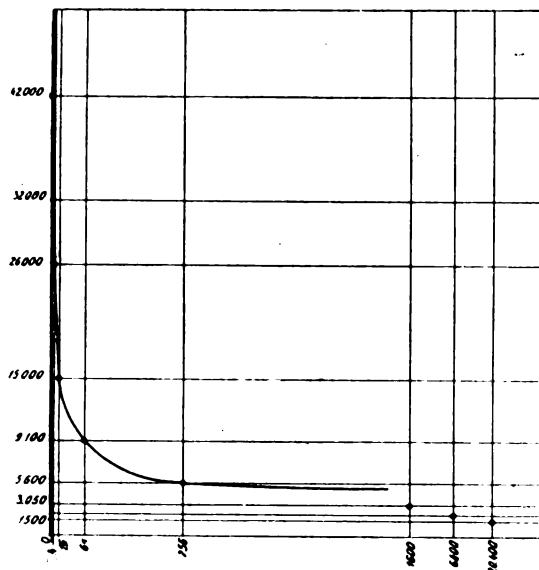
D'après Rosse, Adams et Siemens, la résistance d'un élément de sélénium est inversement proportionnelle à la racine carrée de l'intensité lumineuse. Hopius admet que la conductibilité est proportionnelle à la racine cubique de l'intensité lumineuse.

D'après les recherches de E. Ruhmer, la loi n'est pas la même pour tous les éléments : les uns réagissent moins aux faibles lumières et sont très sensibles aux éclairagements intenses ; d'autres, au contraire, sont plus sensibles pour les faibles impressions lumineuses. Les premiers sont appelés *éléments durs*, les seconds *éléments mous* ⁽²⁾.

La figure 7, obtenue en portant, suivant l'ordonnée, la résistance en ohms et, suivant l'abscisse, l'éclairement en lux, représente la courbe caracté-

ristique d'un élément cylindrique ⁽¹⁾ d'exposant d'éclairement égal à 0,38. Comme on le voit, c'est un

Fig. 7.



⁽¹⁾ On a constaté depuis longtemps (Adams et Day en 1877) que la résistance des éléments de sélénium varie sans cesse avec le temps, indépendamment de l'éclairement. La résistance diminue sans cesse, souvent même subitement et atteint seulement quelques ohms. A ce moment l'élément perd complètement sa sensibilité à la lumière. Bidwell attribue ce phénomène à la formation de ponts conducteurs de sélénure.

Comme cette formation de sélénure est très favorisée par l'humidité de l'air, on obtient des éléments qui se conservent très bien en les fermant hermétiquement. Les éléments sont particulièrement constants lorsque la transformation du sélénium dans la modification cristalline se fait dans le vide. Le sélénium cristallin, qui est très hygroscopique, ne vient pas ainsi en contact avec l'air atmosphérique. Ainsi préparés les éléments conservent leur résistance constante ainsi que leur sensibilité à la lumière, même après avoir été soumis pendant plusieurs années au passage du courant.

⁽²⁾ L'expérience a montré que la différence provient de la façon différente d'obtenir la modification cristalline. Si l'on fond le sélénium et qu'on le laisse refroidir en agitant, on obtient la modification dure, le sélénium est gris bleuâtre et a une structure semblable à une farine cristalline. Au contraire, si l'on chauffe fortement le sélénium porté par l'élément et qu'on le refroidisse rapidement et en laissant au repos, il reste noir vitreux ; en chauffant de nouveau à 200° C. environ, on obtient la modification cristalline à gros grains qui possède un aspect plus grisâtre. C'est dans ce dernier état qu'on obtient les éléments mous. Pour ceux-ci, qui sont les plus employés, on trouve la loi approchée suivante :

$$\frac{R_a}{R_b} = \left(\frac{b}{a}\right)^{\alpha}$$

a étant le plus faible éclairement en lux et b le plus fort ; R_a et R_b étant les résistances correspondantes en ohms. L'exposant α , d'après les recherches de l'auteur, une valeur comprise entre 0,25 et 0,35 ; pour des éléments exceptionnellement bons, il atteint 0,4.

élément mou, car sa résistance baisse très rapidement pour les faibles éclairagements et très lentement ensuite en poussant jusqu'à 20400 lux, ce qui correspond à la lumière du soleil à midi dans les mois d'hiver.

En faisant varier l'éclairement la résistance n'atteint pas instantanément sa valeur correspondante. Dans un essai, on éclairait brusquement un élément de résistance 9600 ohms à l'obscurité, et sa résistance, diminuant d'abord très rapidement, atteignait 2000 ohms après 5 minutes. On le replongeait alors rapidement dans l'obscurité et la résistance montait d'abord rapidement, atteignant 4800 ohms au bout de 5 minutes et 6000 ohms au bout de 15 minutes. Le retard de l'action de la lumière est un inconvénient lorsqu'il s'agit de variations rapides de résistance. Dans la plupart des cas cependant on n'a pas besoin d'attendre l'équilibre de résistance après chaque éclairage. L'expérience montre d'ailleurs qu'un élément de sélénium peut subir sans difficulté plusieurs milliers de variations de résistance en une seconde.

La première utilisation des éléments au sélénium a été réalisée par Werner Siemens dans son photomètre à sélénium. L'élément de sélénium est dans le circuit d'une pile Daniell et d'un galvanomètre. Ayant lu une certaine déviation avec une des sources de lumière, on place l'autre à une telle distance que la déviation reste la même. Une des causes d'erreur

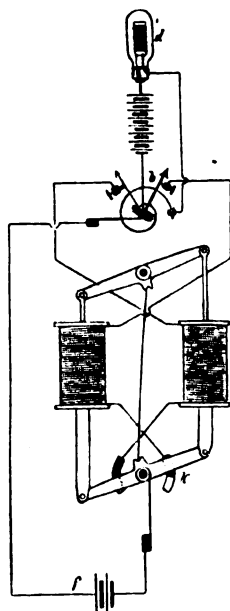
⁽¹⁾ Pour la mesure des éléments cylindriques, on doit faire tourner ceux-ci très rapidement.

les plus importantes est l'action inégale, sur le sélénium, des différentes couleurs du spectre. Les rayons les plus actifs sont le rouge, l'orangé, le jaune. Les rayons infra-rouges, verts, bleus, violets et ultra-violet agissent à peine.

On est parvenu aujourd'hui à rendre le sélénium sensible aux courtes longueurs d'onde ainsi qu'aux rayons de Röntgen et à ceux du radium. L'auteur a ainsi réalisé un photomètre ou radiomètre à rayons Röntgen dans lequel l'élément de sélénium est placé sur le tube de Röntgen au moyen d'une pince à ressort et de telle façon qu'il n'absorbe que les rayons postérieurs qui ne sont en général pas utilisés. Avec l'élément de sélénium, on met en série une batterie et un milliampèremètre. C'est le premier appareil permettant l'évaluation exacte du temps d'exposition dans les applications thérapeutiques.

Cet appareil permet aussi de suivre certains phénomènes astronomiques : on a pu relever avec lui la courbe de la variation d'éclairement pendant une éclipse presque totale de Lune le 11-12 avril 1904.

Fig. 8.



Comme autre application, il faut citer la transmission télégraphique des dessins, images, photographies. L'appareil de photographie à distance le plus parfait actuellement est celui de Korn antérieurement décrit ⁽¹⁾.

Beaucoup de chercheurs ont entrepris, mais jus-

qu'ici sans succès, de réaliser un appareil de vision à distance à l'aide du sélénium.

Une application intéressante des éléments de sélénium est celle de leur combinaison avec un relais sensible. Bidwell, en 1890 (*Physical Society*, de Londres), a montré la possibilité de réaliser un allumeur automatique. Tant qu'il fait jour, l'élément conduit relativement bien et le relais tient ouvert le circuit de la lampe; mais, dès que survient la nuit, le sélénium devient moins conducteur et le relais ferme le circuit de la lampe. Malheureusement, la variabilité des éléments de sélénium rendait alors impossible la réalisation pratique.

Avec les éléments cylindriques décrits ci-dessus, on résout parfaitement le problème et l'allumage se fait bien toujours dans les mêmes conditions.

La figure 8 montre le schéma du dispositif employé dans le cas de l'allumage automatique d'un bec de gaz ⁽¹⁾.

Si l'on réalise l'expérience de telle façon que la lampe allumée agisse sur l'élément de sélénium, on conçoit que celui-ci fera alors fonctionner le relais pour provoquer l'extinction. Il se produira donc successivement des allumages et des extinctions. Un tel appareil peut donc être utilisé pour les réclames lumineuses, d'autant mieux que le fonctionnement commence à la nuit.

Le dispositif d'allumage automatique peut être employé dans les bouées à gaz; il permet de réaliser une grande économie de gaz. La maison Julius Pintsch, de Berlin, construit de telles lanternes de bouée.

Une autre application des éléments de sélénium est celle de la téléphonie optique dont le principe a été indiqué par Bell ⁽²⁾.

⁽¹⁾ *d* est l'élément de sélénium disposé en série avec une batterie et un relais. D'après l'éclairement de l'élément de sélénium, l'aiguille qui commande le relais se trouve dans l'une des deux positions extrêmes indiquées par les flèches. Le courant de la batterie *f* qui alimente le relais est ainsi fermé soit en *b* soit en *c*, ce qui rend actif l'un ou l'autre des deux solénoïdes. Dans un cas, le robinet se ferme par *k*, dans l'autre, lorsque survient la nuit, il s'ouvre et automatiquement le gaz s'allume. Afin de ne pas dépenser inutilement le courant de la batterie *f* après chaque opération, un dispositif permet de couper le circuit lorsqu'un solénoïde a agi. Ce dispositif comprend un ressort *i* qui, lorsqu'il a dépassé sa position moyenne, fait tourner le commutateur *k*, interrompant ainsi le circuit et préparant la fermeture du circuit de l'autre solénoïde.

Quant au circuit de l'élément de sélénium, il consomme un courant négligeable par suite de sa grande résistance. Pour l'allumage automatique du gaz, le relais peut également commander un dispositif à étincelles.

⁽²⁾ Deux groupes de méthodes permettent d'influencer le sélénium en fonction des ondes sonores. Dans les unes, la source lumineuse est d'intensité constante et les rayons émis sont modifiés en un point quelconque de leur parcours; dans les autres, c'est la source lumineuse elle-même qui varie

⁽¹⁾ *L'Éclairage électrique*, t. XXXII, p. 296, 23 août 1902 et t. XXXV, p. 438, 13 juin 1903. Voir aussi p. 61 de ce numéro.

M. Ruhmer a utilisé pour cette application les propriétés de l'arc chantant. Dans le circuit d'un arc à courant continu est placé un transformateur dont le secondaire est soumis aux variations de courant produites par un microphone. L'arc agit ainsi comme un transmetteur photophonique parfait et ses rayons rendus parallèles par un projecteur viennent influencer à la station réceptrice l'élément de sélénium dans le circuit duquel est disposé le téléphone.

Dans des essais entrepris à Berlin ⁽¹⁾, le conférencier dit avoir téléphoné sur une distance de 15^{km}, et cela très distinctement. On peut donc dire que la téléphonie optique rendra de grands services, en premier lieu pour la marine. Pour les distances ne dépassant pas 10^{km}, elle formera le complément indispensable de la télégraphie sans fil, sur laquelle elle a de nombreux avantages, la transmission étant rapide, claire et secrète.

L. JUMAU.

Mesure de la conductibilité des diélectriques au moyen des gaz ionisés, par CH. NORDMANN. Note présentée à la séance du 2 janvier de l'Académie des Sciences. (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 38). — Soient : Q dt la quantité d'électricité fournie pendant le temps dt à l'une des faces a d'une lame diélectrique dont l'autre face est à la terre; dE la variation du potentiel E de cette face qui en résulte; R la résistance de la lame; C la capacité de l'appareil et de ses connexions électrométriques.

En écrivant que la quantité d'électricité fournie est égale à l'augmentation de la charge du système plus la charge perdue dans le sol par conductibilité, on a

$$Q dt = C dE + \frac{E}{R} dt \quad \text{d'où} \quad E = RQ \left(1 - e^{-\frac{t}{CR}} \right).$$

Le potentiel E tend vers une limite RQ , qu'il atteint pratiquement en moins d'une minute quand R est de l'ordre de 10¹¹ ohms et C de l'ordre de 10⁻⁴ microfarad.

En mesurant à l'électromètre cette valeur limite E_1 , on aura la résistance cherchée par le quotient $E_1:Q$. Reste à déterminer la quantité Q d'électricité, qui doit être fournie par unité de temps. Le calcul montre que, pour des valeurs de R comprises entre 10⁶ et 10¹⁴ ohms, elle doit être com-

d'intensité en fonction des ondes sonores. Le photophone Bell se rattache au premier groupe. Ici les rayons solaires sont envoyés par un miroir sur la membrane argentée d'un tube acoustique; de là ils sont réfléchis et traversent une lentille pour se rendre à la station réceptrice. Comme la membrane vibre sous l'action de la voix agissant devant le tube acoustique, elle devient tantôt concave, tantôt convexe, de sorte que les rayons lumineux, qui étaient parallèles, tantôt convergent et tantôt divergent, ce qui fait varier fortement leur concentration sur le miroir parabolique du poste récepteur. L'élément de sélénium placé au foyer de ce miroir subit des variations de résistance correspondantes et fait vibrer un téléphone placé dans son circuit. Bien entendu, les rayons solaires peuvent être remplacés par ceux d'une lampe à arc. Bell et Tainter réalisèrent ainsi en 1880 un système de téléphonie entre deux stations situées à 200^m. Le procédé employé par M. Ruhmer appartient au second groupe.

⁽¹⁾ *L'Eclairage électrique*, t. XXXIII, p. 200, 8 nov. 1902.

prise entre 10⁻⁸ et 10⁻¹⁴ coulomb si l'électromètre permet des lectures entre 0,01 et 1 volt. Pour avoir une charge régulière de cet ordre, la face a du diélectrique est reliée à l'une des armatures d'un condensateur à air dont l'autre armature est portée, à l'aide d'une pile de charge, à un potentiel suffisant pour que, sous l'action d'une substance radifère d'activité constante placée entre les armatures, le courant de saturation se produise. On modifie d'ailleurs l'intensité de ce courant de saturation soit en prenant des substances radifères d'activités décroissantes, soit en enfermant l'une d'elles dans un petit récipient de plomb percé d'une ouverture sur laquelle on place des écrans métalliques d'épaisseurs variables.

Quant à la valeur de la charge Q par unité de temps, ainsi produite, on la mesure directement par les méthodes ordinaires. Faisons observer que le principe de cette méthode de mesure est celui de l'*ionographe* décrit antérieurement par l'auteur (voir *Revue électrique*, t. II, 30 juillet 1904, p. 61), car, si l'on connaît R , la lecture de l'électromètre permet d'avoir Q qui est proportionnel au nombre d'ions libérés par seconde.

De l'influence du cation dans les phénomènes électrocapillaires, par E. ROTHÉ (Communication faite au Congrès de Grenoble de l'Association française pour l'avancement des Sciences). — La théorie de la pression de dissolution de Nernst conduit à admettre que deux dissolutions de chlorure de sodium et de chlorure de potassium contenant le même nombre d'ions présentent avec le mercure-chlorure mercurieux (mercure recouvert d'une couche de calomel) la même différence de potentiel au contact. L'électromètre capillaire permet de déterminer cette dernière quantité, pourvu qu'on admette (ce que contestent aujourd'hui un certain nombre de physiciens) qu'au moment où la tension capillaire passe par un maximum, la différence de potentiel entre le mercure capillaire et l'électrolyte est égale à zéro. M. Rothé a fait, il y a quelques années, cette détermination pour des solutions normales de KCl et de NaCl et il a trouvé qu'avec les deux solutions le maximum de tension capillaire a lieu pour une différence de potentiel de 0,56 volt (*Journ. de Phys.*, 3^e série, t. IX, p. 543). Plus récemment il a fait de nouvelles mesures, qui sont l'objet du Mémoire, avec des solutions décimales d'acide chlorhydrique et de divers chlorures en prenant toutes les précautions nécessaires pour avoir une très grande précision : emploi du même électromètre dans toutes les expériences, emploi d'eau distillée purifiée par nouvelle distillation avec du permanganate de potassium pour détruire les matières organiques, emploi d'éta- lons de force électromotrice vérifiés avec l'électrodynamomètre Pellat, etc. Les résultats de ces mesures montrent que les courbes, obtenues en portant en abscisses les différences de potentiel entre les deux mercures de l'électromètre et en coordonnées les hauteurs de mercure soulevées, sont absolument identiques avec HCl, NaCl, AzH⁴Cl, RbCl, KCl, LiCl (toutefois pour ce dernier chlorure la partie descendante de la courbe s'écarte un peu des autres, divergence que l'on peut attribuer à ce que le chlorure de lithium en dissolution dans l'eau renferme de la lithine). Avec une solution décimale de BaCl², qui renferme un nombre double d'anions, la courbe diffère des précédentes; mais, avec une solution au vingtième de ce même chlorure, la courbe coïncide avec celles des chlorures alcalins.

L'ensemble de ces résultats constituerait une vérification de la théorie de Nernst si la question suivante ne se posait pas : Dans tous les cas étudiés le mercure capillaire ne serait-il pas modifié uniquement par les ions hydrogène? Pour se prononcer M. Rothé attend d'avoir terminé des expériences entreprises spécialement dans ce but. J. B.

BIBLIOGRAPHIE (').

La bobine d'induction, par H. ARMAGNAT. Un vol. format 23^{cm} × 14^{cm}, vi-223 pages, 109 figures; de la *Bibliothèque générale des Sciences*. Gauthier-Villars, éditeur. Prix : cartonné, 5 fr.

La bobine d'induction, qui, pendant longtemps, était restée un appareil de laboratoire, est entrée dans le domaine industriel par suite de son application à la production des rayons Röntgen, puis à la production des ondes hertziennes utilisées dans la Télégraphie sans fil, et enfin à l'allumage des moteurs à explosions.

Cette évolution a provoqué de nombreuses recherches, les unes théoriques, les autres expérimentales, dans le but de trouver les meilleures conditions de construction ou d'emploi. Par suite de la complexité qu'amène dans tous les phénomènes électriques la formation d'étincelles, la bobine de Ruhmkorff, précisément parce qu'elle est spécialement destinée à la production d'étincelles, se prête fort aux recherches théoriques; aussi celles-ci ont-elles le plus souvent conduit à des résultats contradictoires suivant les approximations qui leur servaient de bases. D'un autre côté, les expérimentateurs, mal guidés par la théorie, n'ont pas toujours su démêler les causes des phénomènes qu'ils observaient.

Pour ces raisons, la bobine d'induction est restée assez mal connue jusqu'à ces derniers temps et aucun travail d'ensemble n'avait été publié à son sujet dans la littérature électrique. C'est ce travail que M. Armagnat a entrepris; ingénieur des ateliers Ruhmkorff, nul n'était mieux préparé pour mener à bien cette tâche ardue.

L'Ouvrage qu'il vient de faire paraître traite à la fois le côté théorique et le côté pratique de la question. Après une introduction, dans laquelle il définit très clairement les expressions et les notations qu'il emploie, et un historique, où il montre la plus grande impartialité, il aborde la théorie de la bobine d'induction, théorie qu'il divise en deux parties suivant que la bobine est munie d'un trembleur mécanique, à vibrations relativement lentes, ou d'un interrupteur électrolytique, qui produit des interruptions considérablement plus rapides. Il passe ensuite à la pratique en étudiant les propriétés de l'étincelle secondaire, la puissance, le rendement des bobines, leur construction, les interrupteurs, les dispositifs spéciaux pour la haute fréquence et enfin les applications diverses des bobines. Une bibliographie importante dans laquelle tous les travaux originaux sont signalés ou analysés forme un dernier chapitre.

Nous ne pouvons insister sur la façon dont ces matières sont exposées. Disons seulement que dans la partie théorique M. Armagnat s'est attaché à supprimer tous les calculs inutiles ou trop ardues et qu'il est parvenu à rendre cette théorie parfaitement accessible. Aussi son

Livre s'adresse-t-il aussi bien aux praticiens qu'aux savants; les uns et les autres y trouveront bon nombre de documents importants pour les buts qu'ils poursuivent et ample matière à réflexions fructueuses.

J. BLONDIN.

Roues et turbines à vapeur, par K. SOSNOWSKI, Ingénieur-civil. Un vol., format 25^{cm} × 16^{cm}, 234 pages, 356 figures, 2^e édition. Ch. Béranger, éditeur. Relié : 12^{fr}, 50.

La vogue dont jouissent les turbines à vapeur depuis deux ou trois ans a fait éclore de nombreuses publications sur ce sujet. L'ouvrage de M. Sosnowski n'est pas de celles-là. L'auteur, ingénieur à la Société de la Turbine de Laval, est un ouvrier de la première heure. Dès 1894, dans des conférences à la Société de Physique, à la Société des Électriciens et à la Société des Ingénieurs civils, il s'attachait à faire connaître les avantages de la turbine à vapeur, et, en 1896, dans un Mémoire très remarquable, présenté à la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale et publié dans le *Bulletin* de cette Société, il donnait un historique très complet des nombreuses tentatives faites pour rendre pratiques les machines à vapeur rotatives. C'est ce Mémoire, quelque peu remanié, qui constituait la première édition de l'Ouvrage qui nous occupe.

Dans sa seconde édition, l'auteur a conservé l'ordre chronologique primitivement adopté. Aussi, pour tout ce qui est antérieur à 1896, ne se distingue-t-elle de la première que par quelques additions destinées à combler quelques rares lacunes. Par contre la continuation de l'historique pour les sept dernières années a demandé des compléments importants, bien que M. Sosnowski ait dû se borner, faute de place, à décrire presque uniquement les premières créations de chaque inventeur sans tenir compte de tous les perfectionnements successifs.

Les Ingénieurs qui s'intéressent au progrès des turbines liront avec fruit cette suite de monographies montrant l'évolution de la question. H. P.

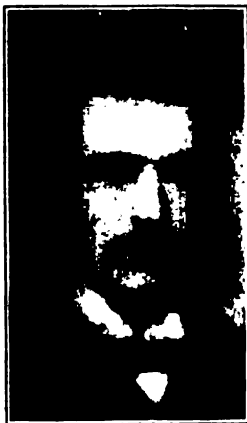
Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1905. Volume in-16 de près de 800 pages. Gauthier-Villars, éditeur. Prix, broché, 1^{fr}, 50 (franco, 1^{fr}, 85).

Comme chaque année ce petit volume compact contient une foule de renseignements sur le calendrier, l'astronomie, la géographie, les monnaies françaises et étrangères, les poids et mesures, la météorologie, etc. Ces renseignements sont suivis d'une Notice de M. Hatt sur « l'explication élémentaire des marées ».

(') Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Le sélénium et la téléphotographie.



Portrait de M. Korn
d'après une téléphotographie.

La publication dans ce numéro (p. 56) de la Communication de M. Ruhmer sur le sélénium ramène l'attention sur les diverses applications qui ont été faites de la diminution de résistance électrique qu'éprouve ce corps quand on le soumet à l'action de la lumière.

Parmi ces applications, M. Ruhmer rappelle principalement celles qu'il a lui-même étudiées : la photométrie, l'allumage et l'extinction automatique des lampes électriques à la tombée de la nuit et à l'aurore et surtout la téléphonie à distance, qui a été

le principal objet de ses travaux et sur laquelle il a fait, il y a quelques années, des expériences fort intéressantes, sur le Wannsee et la Havel, dans les environs de Berlin.

Mais il est une autre application du sélénium que M. Ruhmer ne fait que signaler, bien qu'elle ait pris récemment une certaine importance : c'est la transmission à distance des photographies et des dessins.

La première idée de cette application remonte assez loin. C'est en effet en 1877, peu après que Bell et Edison eurent montré la possibilité de la transmission de la parole par l'électricité, qu'un notaire du Pas-de-Calais, M. Senlecq, tenta d'appliquer les propriétés électriques du sélénium à la reproduction des images : dans le plan de l'image, fournie par une lentille convergente, du dessin ou de l'objet à reproduire, il déplaçait une petite lame de sélénium faisant partie d'un circuit contenant une pile et un récepteur du genre de ceux employés dans les télégraphes autographiques ; M. Senlecq parvint ainsi, dit-il dans une lettre adressée à Th. du Moncel (*Lum. élect.*, t. II, p. 447, 1880), à obtenir, avec toutes ses gradations de teintes, du noir au clair, la reproduction d'une surface ombrée.

La même année, MM. Ayrton et Perry étudièrent le problème, mais avec l'espoir d'obtenir des images lumineuses directement visibles par l'œil et non pas seulement inscrites sur une feuille de papier, autrement dit de résoudre le problème de la vision à distance ou *téléphotie*. Dans ce but, le récepteur était constitué par une sorte de galvanomètre dont la partie mobile manœuvrait un obturateur d'aluminium placé dans un tube et vivement éclairé par derrière ; la position de cet obturateur était réglée de manière qu'il interceptait toute la lumière quand le sélénium se trouvait dans l'obscurité. Le sélénium était très rapidement déplacé devant l'image des objets dont on voulait la reproduc-

tion et le récepteur, animé d'un mouvement synchrone, donnait à l'œil la sensation de cette image, grâce à la persistance des impressions lumineuses sur la rétine.

Trois ans plus tard, en 1880, M. Shelford Bidwell présenta à la Société de Physique de Londres et fit fonctionner devant elle un appareil reposant sur les mêmes principes que celui de Senlecq. Une plaque de sélénium était placée à l'intérieur d'un cylindre tournant autour d'un axe fileté ; un trou percé dans la paroi de ce cylindre laissait, à chaque révolution, tomber sur le sélénium les rayons provenant d'une petite région d'une image donnée par une lentille. Le récepteur se composait d'un cylindre métallique entouré d'une feuille de papier imprégnée d'iodure de potassium et sur laquelle appuyait une pointe de platine reliée à la plaque de sélénium et à une pile, elle-même en communication avec le cylindre du récepteur : l'iodure de potassium était décomposé par le courant et l'iode mis en liberté donnait un trait brun d'une teinte d'autant plus foncée que le courant était plus intense et, par suite, le sélénium plus éclairé. On obtenait donc ainsi un négatif de l'image à transmettre ; si l'on voulait un positif, il suffisait d'opposer au courant transmis celui d'une pile locale annulant le premier quand celui-ci passait par son maximum ; de cette façon, l'inscription était produite par le courant local ; une teinte foncée correspondait alors à un faible courant transmis et, par suite, à une région obscure de l'image à reproduire. M. Bidwell parvint à obtenir la reproduction de découpures de diverses formes faites dans une feuille de carton vivement éclairée, mais il ne paraît pas avoir réussi à reproduire des gradations de teintes.

Un grand nombre d'autres travaux, pour la plupart théoriques d'ailleurs, ont été publiés sur le sujet. Sans avoir la prétention de ne pas commettre d'omission, nous rappellerons d'abord ceux de Sawyer (1880), Nipkow (1885), Weiller (1889), Sutton (1890), Marcel Brillouin (1891), sur lesquels un article d'ensemble a été publié dans *La Lumière électrique* du 13 mai 1893 (t. XLVIII, p. 259). — M. Sawyer proposait un récepteur composé d'une bobine d'induction dont le circuit primaire était parcouru par le courant ayant traversé le sélénium ; cette bobine donnait par suite des étincelles d'autant plus brillantes que le sélénium était plus éclairé.

Le dispositif proposé par M. Nipkow était mieux étudié : le transmetteur était constitué par une sorte de microphone contenant des toiles métalliques couvertes de suie, la suie possédant la propriété de se contracter et de se dilater d'une manière sensible sous l'influence d'éclairements variables ; le récepteur était un téléphone à membrane très élastique dont une face réfléchissait la lumière d'une source intense ; sous l'influence des variations du courant traversant le récepteur et le transmetteur, le rayon de courbure de la membrane variait et le faisceau réfléchi devenait plus ou moins convergent ou divergent et, par suite, produisait un éclairement

variable d'un écran placé sur son trajet; cet écran était un disque percé de trous disposés suivant une hélice et tournant synchroniquement avec un disque identique placé devant le transmetteur; en plaçant l'œil derrière le disque du récepteur on devait voir l'image projetée sur le disque du transmetteur. — Dans le dispositif de M. Weiller, une image des différents points de l'objet dont on veut la reproduction est envoyée sur une lame de sélénium au moyen de petits miroirs plans collés sur la périphérie d'un disque tournant, avec des inclinaisons telles que tous les points de l'objet viennent successivement faire image sur le sélénium pendant la durée d'un tour du disque; les variations de courant produites par le sélénium actionnaient une membrane téléphonique fermant une capsule manométrique de Kœnig dont la flamme variait de hauteur; un disque à miroirs identique à celui du poste transmetteur étalait sur un écran les rayons émis par cette flamme; ce dispositif récepteur n'a d'ailleurs pas dû être expérimenté, car il est douteux qu'il ait pu donner de bons résultats. — La solution proposée par M. Sutton présente de grandes analogies avec celles de Nipkow en ce qui concerne la décomposition en éléments de la surface de l'image à transmettre et la reconstitution de l'image au poste d'arrivée; mais elle en diffère par le récepteur qui utilise la polarisation rotatoire magnétique du sulfure de carbone. — Quant à la solution proposée par M. Brillouin, elle est fort ingénieuse, mais sa description, même succincte, nous entraînerait trop loin.

Parmi les travaux plus récents nous signalerons ceux de M. J. Szczepanik, instituteur autrichien, qui, en 1898, prit un brevet pour un « télélectroscope » à propos duquel la presse politique fit beaucoup de bruit, mais dont la presse technique n'a guère parlé. La même année, M. Dussaud présentait à l'Académie des Sciences une Note dont la rédaction très ambiguë ne permet pas de savoir si l'auteur s'est borné à proposer un dispositif ne présentant d'ailleurs aucune nouveauté ou s'il a fait réellement des expériences; une Note du même auteur à la séance du 10 novembre 1902 (*Éclairage électrique*, t. XXXIII, p. 349) paraît cependant indiquer que des expériences ont été faites et ont donné de bons résultats, mais aucun détail n'est donné sur le dispositif employé. M. Coblyn a donné à la même époque dans *L'Éclairage électrique* (t. XXXIII, p. 433, 1902) une description détaillée d'une disposition ingénieuse pour « explorer » l'image à transmettre; enfin un peu plus tard M. Filippo Re (*Éclairage électrique*, t. XXXV, p. 215) indiquait un dispositif récepteur utilisant les propriétés de l'arc chantant de Duddell.

Mais de tous les dispositifs plus ou moins ingénieux préconisés par leurs inventeurs, un seul a été soumis à une expérimentation sérieuse. C'est celui de M. Korn que M. Ruhmer signale succinctement dans son Mémoire. Son récepteur est basé sur un principe inutilisé jusqu'alors : au poste d'arrivée les courants agissent sur un galvanomètre très sensible fonctionnant comme relais pour modifier l'intensité de courants de haute fréquence traversant un tube à vide; ce tube s'illumine plus ou moins fortement et impressionne une feuille de papier photographique. Tout récemment, M. Korn a

apporté à son appareil primitif de 1902 des modifications de détails qu'il a décrites dans la *Physikalische Zeitschrift* du 15 février et du 15 mars 1904, descriptions que nous ne faisons que signaler, car nous ne tarderons sans doute pas à avoir l'occasion de décrire dans ces colonnes un appareil plus perfectionné encore, dont la construction a été confiée à un des meilleurs ateliers de Paris. Bornons-nous à dire que les résultats déjà obtenus sont très satisfaisants, comme on pourra en juger par le cliché qui illustre le début de cette Note et qui représente un portrait de M. Korn reproduit, il y a bientôt 6 mois, avec un appareil d'essais.

Lampe à incandescence à 1,5 watt par bougie.

Des diverses analyses publiées dans ce numéro il en est une qui présente pour les exploitants et abonnés de réseaux d'éclairage électrique un intérêt tout spécial : c'est celle que nous donnons p. 53, d'un travail de MM. von Bolton et O. Feuerlein, ingénieurs de la maison Siemens et Halske, sur la lampe à incandescence à filament de tantale.

Il résulte en effet de ce travail que la construction d'une lampe à incandescence de 25 bougies Hefner fonctionnant sous 110 volts et ne consommant que 1,5 watt par bougie Hefner, serait aujourd'hui un problème industriellement résolu, et la notoriété de la maison Siemens et Halske ne permet pas de douter de cette assertion.

C'est évidemment là un fait gros de conséquences pour les développements de l'éclairage électrique et à ce propos il n'est pas inutile de rappeler quelques-unes des nombreuses tentatives qui ont été faites dans ces dernières années en vue de réaliser une lampe à incandescence d'intensité moyenne à très faible consommation spécifique.

Le filament de carbone a été tout d'abord étudié. Mais ce filament, du moins celui en carbone non mélangé à de ces substances à pouvoir émissif sélectif qui ont fait le succès du manchon Auer, ne paraît pas pouvoir donner une solution satisfaisante du problème. La consommation d'une lampe à 110 volts à filament de carbone ne semble guère en effet pouvoir être abaissée au-dessous de 3 watts par bougie. Et encore ce chiffre est-il un minimum rarement atteint, car si, parmi les nombreux résultats d'essais de lampes à incandescence qui ont été publiés, nous prenons ceux qui inspirent le plus de confiance (voir notamment Paisley, *Écl. élect.*, t. VI, p. 250, 8 fév. 1896 et Preece, *Idem.*, t. X, p. 156, 23 janv. 1897), nous constatons que la consommation dépasse souvent 4 watts par bougie décimale pendant les premières heures d'allumage et 4,5 watts par bougie après 400 heures d'allumage. Pour avoir une plus faible consommation avec le filament de carbone, il faut prendre des lampes à faible voltage, comme l'a fait M. Weissmann (Communication au Congrès d'électricité de 1900, *Écl. élect.*, t. XXIV, p. 356, 1^{er} sept. 1900) qui est parvenu à réduire cette consommation à 2 watts environ. Mais cette solution exige l'abaissement de la tension de distribution et n'est par suite applicable, non sans quelques inconvénients d'ailleurs, que sur les réseaux à courant alternatif. Quant à l'emploi de

lampes « poussées » c'est-à-dire utilisées sous une tension supérieure à celle pour laquelle elles ont été construites. ce n'est qu'un palliatif : il permet bien d'abaisser la consommation un peu au-dessous de 3 watts par bougie d'après M. Meyer (voir *Écl. élect.*, t. XXV, p. 361, 1^{er} déc. 1900), mais pour arriver à ce résultat il faut prendre des lampes d'une tension inférieure d'une vingtaine de volts à celle du réseau et alors une surtension de quelque importance risque de brûler immédiatement ces lampes qui d'ailleurs n'ont jamais qu'une durée très faible et noircissent rapidement.

Les filaments métalliques permettent au contraire d'arriver à une faible consommation pourvu toutefois que le métal choisi puisse être porté à une température plus élevée que celle du filament de carbone des lampes ordinaires, laquelle serait de 1300° à 1550° d'après le professeur Weber (*Écl. élect.*, t. II, p. 94 et t. III, p. 420, 1895), d'environ 1800° d'après M. Le Chatelier (*Journ. de Phys.*, t. I, p. 203), de 1600° à 1700° suivant M. Janet (*Écl. élect.*, t. XIV, p. 522, 1898).

Assez peu de métaux satisfont à cette condition : en outre la résistivité des métaux, fort inférieure à celle du carbone, conduit à l'emploi de fils extrêmement fins et longs. Malgré ces difficultés on sait que M. Auer von Welsbach est parvenu à construire des lampes de 20 à 32 bougies à filaments d'osmium ne consommant que 1,5 watt par bougie Hefner, soit 1,7 watt par bougie décimale (la bougie Hefner vaut 0,885 bougie décimale d'après les travaux de M. Laporte). Mais ces lampes exigent une faible tension (20 volts pour 20 bougies, *Éclairage électrique*, t. XXX, p. CXLIV, 1902 ; au plus 50 volts pour 32 bougies, *Éclairage électrique*, t. XXXIV, p. LXXIII, 1903) et leur prix de vente est relativement élevé (5^{fr} à 6^{fr}). Aussi ne semblent-elles pas pouvoir prendre de l'extension et même les journaux autrichiens annonçaient récemment que la fabrication en était abandonnée.

Une troisième voie fut explorée : les oxydes réfractaires. La lampe Nernst a montré que ces corps peuvent donner des lampes à faible consommation : après une étude récente de M. Gaisberg analysée dans ce journal (t. II, p. 281, 15 novembre 1904) la consommation des lampes de 16 et 32 bougies à 110 volts est de 1,7 par bougie décimale et, d'après un essai fait le 4 juin dernier au Laboratoire central d'électricité, elle serait seulement de 1,26 watt par bougie pour une lampe de 42 bougies.

Ces quelques chiffres suffisent pour montrer qu'en ce qui concerne la consommation par bougie la nouvelle lampe à filament de tantale est de beaucoup supérieure à la lampe ordinaire et qu'à ce point de vue elle n'a, par suite de l'abandon de la lampe à osmium, qu'un seul concurrent à redouter : la lampe Nernst.

Toutefois la consommation d'énergie n'est pas le seul facteur à considérer en pratique : l'allumage doit être commode, la durée assez longue, l'intensité lumineuse assez faible, le prix de vente peu élevé. Or, sous le rapport de l'allumage, la lampe au tantale a tous les avantages de la lampe ordinaire et sous celui de la durée elle paraît très satisfaisante puisque d'après les essais sa durée *utile*, c'est-à-dire qui correspond à une diminution du pouvoir éclairant de moins de 20 pour 100 de la valeur primitive, est de 400 à 600 heures et sa

durée absolue de 800 à 1000 heures. Il y a bien lieu de craindre que souvent cette durée ne se trouve diminuée par rupture du filament sous l'influence d'un choc, car MM. von Bolton et Feuerlein ne cachent pas qu'au bout de 200 à 300 heures de fonctionnement le filament est si fragile que le déplacement de la lampe peut en provoquer la rupture ; mais par contre la lampe à tantale, par le fait que la résistance du filament croît avec la température à l'inverse de ce qui a lieu pour les filaments de carbone et les filaments Nernst, supporte sans inconvénient les surtensions si préjudiciables aux lampes « poussées » et surtout aux lampes Nernst. D'autre part la valeur absolue de l'intensité de la lampe au tantale (25 bougies Hefner ou 22 bougies décimales) est un peu forte pour l'éclairage des appartements où le plus souvent des lampes de 10 bougies seraient amplement suffisantes ; c'est là un inconvénient, car dans bien des cas une lampe à tantale de 25 bougies Hefner consommant par suite de 38 à 42 watts remplacera une lampe ordinaire de 16 bougies consommant 51 à 55 watts et l'économie de puissance deviendra moins sensible. Quant au prix de vente, il ne nous a pas encore été communiqué.

Quoi qu'il en soit, la lampe au tantale paraît constituer d'ores et déjà un progrès important dans l'éclairage par l'électricité et si, comme MM. von Bolton et Feuerlein le laissent pressentir, elle est susceptible d'améliorations à bref délai, on peut lui prédire un rapide développement.

Permutatrices et Commutatrices.

Cinq genres d'appareils permettent la transformation des courants alternatifs en courant continu ou plus exactement en courants de même sens : les redresseurs électrolytiques, les redresseurs mécaniques, les groupes moteur-générateur, les commutatrices et les permutatrices ou alterno-redresseurs.

Les redresseurs électrolytiques, quoique fort étudiés dans ces dernières années, n'ont donné lieu jusqu'ici à aucune application importante. Il en est de même des redresseurs mécaniques constitués par un commutateur manœuvré au synchronisme par les courants qu'il s'agit de redresser, car dès que l'intensité est un peu notable ils donnent lieu à des étincelles abondantes.

La lutte industrielle reste donc limitée aux appareils des trois derniers genres. Dans un Mémoire magistral présenté en 1901 à l'Institution of Electrical Engineers de Londres et qui, à cause de son importance, a été reproduit dans l'*Éclairage électrique* des 11 et 18 avril 1903 (t. XXXV, p. 41 et 95), M. A.-C. Eborall a fait une comparaison critique des avantages et inconvénients des moteurs-générateurs et des commutatrices. M. Rougé a entrepris une étude analogue des commutatrices et des permutatrices. Nous en publions aujourd'hui (p. 33 à 38) la première partie. Celle-ci sera suivie de la description des permutatrices que MM. Rougé et Faget ont établies, puis de la relation des résultats des essais auxquelles elles ont été soumises, et enfin de la comparaison, déjà ébauchée dans la première partie, des avantages et inconvénients des commutatrices et des permutatrices.

Perturbations téléphoniques produites par les appareils médicaux à haute fréquence.

L'emploi des appareils médicaux à haute fréquence alimentés par les réseaux de distribution d'énergie électrique à courant continu prenant chaque jour plus d'importance, nous croyons devoir appeler spécialement l'attention des exploitants de ces réseaux sur la communication qui nous a été faite par M. de Poncharra et dont une analyse est donnée page 52. On verra que ces appareils peuvent, au moins dans certaines conditions, donner lieu à des perturbations téléphoniques lorsque le réseau téléphonique et le réseau de distribution sont aériens, comme c'est le plus souvent le cas dans les villes de province. Mais on verra aussi qu'il est extrêmement facile de supprimer ces perturbations, qui sont dues à l'induction dans les fils téléphoniques d'ondes produites dans le réseau de distribution par les fermeture et rupture rapides du circuit alimentant les appareils médicaux : il suffit, en effet, d'intercaler sur ce circuit des bobines de self-induction de faible résistance ohmique, bobines qui n'ont pas d'effet appréciable sur le courant continu alimentant les appareils, mais qui s'opposent à la transmission dans le réseau des ondes produites par le fonctionnement de l'interrupteur.

Sociétés savantes et techniques.

ACADÉMIE DES SCIENCES. — A la séance du 2 janvier, M. Nordmann a présenté une Note sur la mesure de la conductibilité des diélectriques au moyen des gaz ionisés; nous en donnons une analyse page 59. Pour les séances des 9 et 16 janvier, nous n'avons à signaler que la Note de M. Th. Moureaux, où celui-ci donne les valeurs des éléments magnétiques au 1^{er} janvier 1905 pour l'Observatoire du Val-Joyeux.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS. — A la séance du mercredi 11 janvier ont été faites, ainsi d'ailleurs que nous l'annoncions dans notre précédent numéro, deux Communications fort intéressantes, l'une par M. Picou, l'autre par M. Leblanc. Une analyse de chacune de ces communications est donnée p. 45 et 46.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE. — Au début de la séance du vendredi 19 janvier il a été procédé au vote pour l'élection du Bureau et le renouvellement partiel du Conseil. M. Amagat a été élu président pour l'année 1905; MM. Abraham et de la Touanne réélus, le premier comme secrétaire général, le second comme trésorier; M. Lugol a été nommé vice-secrétaire. — Parmi les communications nous signalerons celle de M. Langevin, où le conférencier a exposé une théorie nouvelle et très intéressante du magnétisme. — A la suite des communications, le secrétaire général annonce qu'il a été décidé par le Conseil d'augmenter d'un jour la durée de l'Exposition de Pâques, puis M. d'Arsonval, président sortant, retrace rapidement les faits intéressant la Société qui se sont produits pendant l'année écoulée.

INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS. — La séance du 11 janvier a été consacrée à la discussion du Mémoire

de M. Adams sur la destruction des ordures et la production de l'électricité (signalé dans notre numéro du 15 janvier, p. 12). Cette discussion est reproduite dans *Electrician* du 20 janvier.

Informations diverses.

TRACTION. — L'application des moteurs monophasés à la traction se développe rapidement. D'après *Electrical World and Engineer*, la Westinghouse C^o construit actuellement le matériel nécessaire pour une ligne de tramways à courant alternatif simple entre Warren et Jamestown; les moteurs seront établis de manière à pouvoir fonctionner avec le courant continu sur les portions de la ligne empruntant les voies des tramways à courant continu déjà établis dans les deux villes terminus. D'après le même journal, une ligne du même type, reliant Indianapolis et Rushville, a été mise en service le 15 décembre; la tension du courant d'alimentation est de 3300 volts; elle est réduite à 500 volts par un transformateur placé dans chaque voiture motrice; dans les deux villes terminus, les moteurs sont alimentés par le courant continu à 500 volts des réseaux de traction urbains.

— Le Conseil du Comté de Londres vient de proposer l'affectation d'un crédit de 8750^{fr} pour la confection de dessins et modèles en vue de l'uniformisation de toutes les pièces de l'équipement des voies, voitures et usines génératrices des tramways électriques du Comté de Londres. Le Conseil estime, avec raison semble-t-il, que cette uniformisation aura non seulement pour effet de rendre les réparations plus rapides, mais encore de diminuer considérablement le prix de revient des pièces d'usage courant.

— Le 2 novembre dernier a été inauguré un nouveau réseau de tramways électriques dans le Sud-Afrique: le réseau de Pietermaritzburg, au Natal, d'une longueur totale de 10^{km} environ, dont 1^{km},5 à double voie.

— D'après *Electrical Review*, de Londres, les tempêtes de neige, qui ont eu lieu récemment en Angleterre, n'ont apporté aucune perturbation dans l'exploitation des lignes électriques de Newcastle du North-Eastern Railway, décrites dans *La Revue électrique* du 30 mars 1904 (t. I, p. 173), alors qu'elles ont occasionné des retards considérables dans le service des lignes à vapeur.

TÉLÉGRAPHIE. — Le Gouvernement des États-Unis a décidé, le 8 décembre, qu'un câble sous-marin serait posé entre l'isthme de Panama et les États-Unis; un crédit de 10 000 000^{fr}, dont 1 500 000^{fr} immédiatement disponibles, a été voté à cet effet. Le câble devra être de construction américaine, pourvu toutefois que le prix demandé par les constructeurs américains ne dépasse pas de 10 pour 100 celui demandé par les constructeurs étrangers. Le tarif maximum est fixé à 0^{fr},75 par mot transmis, les dépêches gouvernementales et de presse jouissant d'un tarif réduit.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — Il est question d'exécuter au printemps prochain des essais de télégraphie sans fil à travers la Méditerranée, de la côte française à la côte algérienne.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

- I. **Parafoudres et limiteurs de tension, Parafoudre Gola**, par G. GOISOT, p. 65. — **Les turbines à vapeur, leur avantages et leurs inconvénients**, par L. DRIN, p. 68.
- II. **Génération et transformation** : L'accumulateur de chaleur Druitt Halpin; Sur le courant magnétisant; Procédé Ruhmer pour la production des courants de haute fréquence; etc., p. 73 à 77. — **Transmission et distribution** : Conductibilité de l'atmosphère aux voltages élevés, par H.-J. RYAN; Description des appareils de protection contre les surtensions actuellement employés dans les réseaux de transport d'énergie, par DUSAUOEY. — Essais de substances isolantes et d'isolateurs; etc., p. 78 à 83. — **Applications mécaniques** : Grue roulante et pivotante des ateliers Thomson-Houston; Horloge électrique Féry; etc.; Brevets récents, p. 84 et 85. — **Traction** : Dispositif de sûreté pour perches de trôlets; Déviateur mécanique pour la commande des aiguillages, p. 86. — **Télégraphie et Téléphonie** : Recherches et expériences de téléphonie par ondes hertziennes, par Q. MAJORANA; Téléphone automatique Strowger; Brevets récents, p. 87 et 88. — **Applications thermiques** : Inflammateur Lodge à courants de haute fréquence; Fer à souder à arc; Résistances pour chauffage, p. 89. — **Électrochimie et électrometallurgie** : Préparation électrolytique de la pâte d'étain, par F. GELSTHARP; Sur une méthode de préparation des persulfates, par ERICH MÜLLER, p. 90. — **Mesures** : Applications de l'ampèremètre thermique Carpentier à la mesure des puissances et des décalages, par JOLY; Détermination du rendement industriel des machines à courant continu, par S. BALDINE; etc.; Brevets récents, p. 91 et 92. — **Divers**, p. 93.
- III. **Bibliographie**, p. 94.
- IV. **Variétés. Informations** : Système téléphonique automatique; Dissipation du brouillard et de la fumée par les courants à haute tension; Sociétés savantes et techniques; Informations diverses, p. 95 et 96.

PARAFOUDRES ET LIMITEURS DE TENSION (1).

PARAFOUDRE « EN SÉRIE » G. GOLA.

Les dispositifs ordinaires de protection comprennent deux parties : 1° un enroulement en hélice placé en série avec la ligne, protégeant, par son inductance, les machines contre les courants de haute fréquence; 2° un parafoudre en dérivation provoquant la décharge latérale du conducteur et servant à conduire à la terre, par l'arc qui s'établit, la charge électrique qui n'a pu franchir l'enroulement de self-induction.

Les divers types de parafoudres en dérivation semblent à peu près équivalents; d'ailleurs, même en disposant différents modèles sur une même ligne à protéger, on ne peut établir par comparaison leur degré d'efficacité à cause des anomalies que présente leur fonctionnement, anomalies qu'on pourrait expliquer par la formation de nœuds et de ventres le long de la ligne (2).

M. G. Gola s'est uniquement préoccupé du

(1) Voir dans la *Revue électrique* des 15 et 30 septembre et du 15 octobre, p. 133, 161 et 193, les articles déjà publiés sur ce sujet.

(2) Les influences atmosphériques développent dans les conducteurs aériens des courants oscillatoires qui diffèrent essentiellement d'une action à l'autre par leur forme et par leur longueur d'onde. Cette longueur peut varier depuis quelques centimètres jusqu'à plusieurs centaines de mètres. Les ventres et les nœuds de ces oscillations électriques occupent donc, suivant le cas, des positions très diverses, et l'on conçoit ainsi qu'un parafoudre placé en dérivation à l'endroit d'un nœud soit sans action, tandis qu'un autre beaucoup moins sensible, mais se trouvant à l'endroit d'un ventre ou dans son voisinage, fonctionne bien pour la décharge qui a provoqué cette distribution oscillatoire.

La disposition des nœuds et des ventres étant variable d'une décharge à l'autre, sous cette seule réserve que la machine forme toujours un ventre, le seul moyen de protéger la ligne serait de multiplier le nombre des parafoudres afin d'accroître la probabilité pour que l'un d'eux au moins soit dans de bonnes conditions de fonctionnement.

La pratique a montré que ce procédé très incommode et fort coûteux n'est pas encore suffisant; il arrive en effet que la machine est foudroyée quoique l'un ou même plusieurs des parafoudres aient fonctionné.

Il est hors de doute que l'enroulement en hélice formant self-induction est insuffisant pour protéger complètement la machine, et, comme ce ne sont pas toujours ou les plus fortes ou les plus faibles décharges qui réussissent à traverser cet obstacle, on doit en conclure que les différences d'efficacité que présente l'inductance de l'enroulement en hélice ne sont pas dues à l'intensité des actions atmosphériques, mais proviennent des caractères et de la forme de l'énergie induite résultant des conditions si complexes de chaque décharge.

système protecteur disposé en série sur la ligne. Il a complété l'impédance de l'enroulement de self-induction par une impédance d'une autre forme; l'ensemble constitue un obstacle infranchissable pour les courants de haute fréquence. En outre, l'appareil, reproduisant en quelque sorte les conditions générales d'une machine, influe pour provoquer la formation d'un ventre, de

façon que la dérivation que l'on cherche à produire à l'endroit du parafoudre pour décharger la ligne se trouve en l'un des points les plus favorables de l'installation.

Le parafoudre Gola ⁽¹⁾ est constitué comme il suit :

Deux calottes A et A' (fig. 1 et 2) d'un métal magnétique sont reliées entre elles par l'inter-

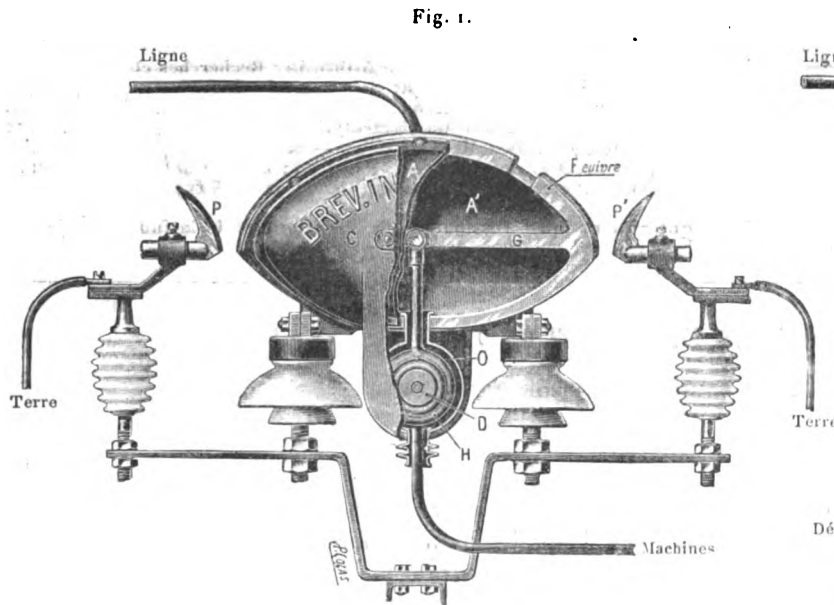


Fig. 1.
Élévation et coupe longitudinales d'un parafoudre Gola pour extrémité de ligne.

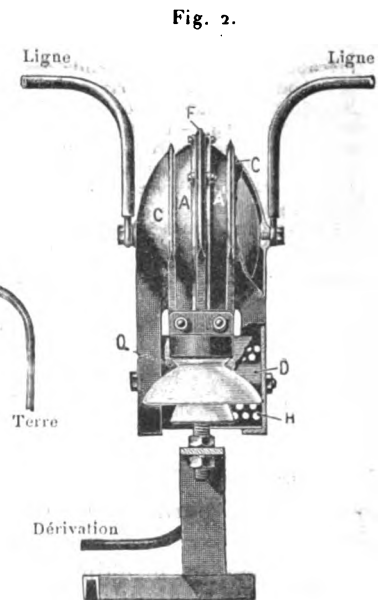


Fig. 2.
Élévation et coupe transversales d'un parafoudre pour dérivation.

médiaire de petits boulons de bronze; une lame F de bronze est interposée, elle est évidée à l'intérieur et ne forme qu'une bande séparant les deux calottes A et A', et les dépassant en présentant un rebord taillé en biseau. L'ensemble constitue un corps creux de forme ovoïde de 45^{cm} de longueur.

Le diaphragme F porte à l'intérieur et suivant l'axe horizontal une traverse G.

Deux autres calottes C et C' en métal magnétique entourent le corps creux en laissant un intervalle vide de 1^{cm} d'épaisseur environ; elles sont reliées électriquement et non magnétiquement aux calottes A et A' par l'intermédiaire de boulons de bronze m.

Les deux calottes externes sont réunies entre elles à la partie inférieure par un noyau de fer doux D autour duquel est enroulée une bobine H de fil isolé, renfermée dans un boîtier en laiton O.

Une extrémité de ce fil pénètre dans l'intérieur du corps creux et est fixée à la traverse G.

L'ensemble est tenu par deux isolateurs sur un support en fer qui porte, par deux autres isolateurs, deux pièces de bronze ou de charbon P en forme de cornes, disposées en face des extrémités opposées du diaphragme F, et qui servent pour éteindre l'arc de décharge qui se forme entre F et P. Les pièces P sont mobiles dans des colliers où elles peuvent être fixées par des vis de serrage; on règle ainsi facilement l'intervalle d'air à franchir.

La forme de la pièce médiane G présente des rayons de courbure très différents; les parties de rayon minimum sont précisément les deux pointes

(¹) La construction pour la France a été confiée à la maison A. et L. Parvillée, 67, rue d'Amsterdam.

opposées qui font vis-à-vis aux cornes P reliées à la terre. Cette disposition, jointe à la forme en couteau de la section de G, facilite l'échappement de l'électricité.

Pour le montage du parafoudre Gola, on coupe la ligne en un point quelconque au voisinage de l'entrée dans la station à protéger; le fil de ligne est fixé à l'une des deux calottes extérieures par une borne *n*, le fil qui pénètre dans la station est relié à l'extrémité libre de la bobine H (*fig. 1*).

S'il s'agit d'une station réceptrice intermédiaire, le fil de ligne est coupé et les deux extrémités fixées chacune à l'une des calottes extérieures; le fil qui va à la station est toujours relié à l'extrémité libre de la bobine H (*fig. 2*).

Le fonctionnement de l'appareil est le suivant :

Lorsqu'un courant oscillatoire de haute fréquence suivant le fil de ligne arrive au parafoudre, il devrait, pour atteindre la machine, traverser une première calotte magnétique C, les boulons de bronze *m* puis une deuxième calotte magnétique A, pénétrer par le diaphragme F à l'intérieur du corps creux et suivre l'enroulement H à noyau de fer doux.

Si l'on tient compte de la distribution des courants de haute fréquence à la surface des conducteurs et de la résistance qui leur est opposée par les corps magnétiques, on voit immédiatement toutes les difficultés accumulées sur le passage du courant oscillatoire, qui, s'étendant d'abord à la surface convexe de la calotte externe, doit passer

à la surface concave, puis par l'étroite surface des boulons *m*, pour s'étendre à nouveau sur une grande surface.

Et l'obstacle le plus important n'est pas encore franchi, car après avoir passé par cette série de conducteurs hétérogènes, il lui faut encore pénétrer à l'intérieur du corps creux.

Quelles que soient d'ailleurs les raisons certainement plus complexes qui font de cet appareil un excellent protecteur ⁽¹⁾, on conçoit que les difficultés de toutes sortes qu'il présente au passage des courants oscillatoires puissent arrêter ceux-ci malgré leur diversité, parce que, dans chaque cas, ce sera l'une ou l'autre des particularités de l'appareil qui aura une action prépondérante.

La charge électrique atteignant le diaphragme F, au lieu de pénétrer, s'échappe par le biseau et forme arc avec les pièces P. La forme en corne permet l'extinction rapide de cet arc; d'ailleurs, pour le reste de la disposition protectrice, il n'y a pas lieu de s'écarter des méthodes ordinaires.

Les pièces P sont mises à la terre par l'intermédiaire d'une résistance ohmique pour les installations dont la tension ne dépasse pas 5000 volts.

Au-dessus de cette tension, il est bon d'adjoindre un ou plusieurs parafoudres ordinaires en série sur la ligne de terre, avec les résistances ohmiques convenables.

G. GOISOT.

(1) Les résultats obtenus dans la pratique justifient les considérations précédentes :

L'Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft, de Gênes, a installé, en 1900, deux transports d'énergie électrique pour les moteurs des carrières de marbre de Carrare. Les deux installations sont identiques. Les lignes passent dans des vallées, puis par des crêtes de montagne et sont sur leur plus grande longueur installées sur un terrain de marbre qui est presque complètement isolant. Les phénomènes électriques qui se manifestent dans ces conditions sont particulièrement fréquents et puissants. Malgré les précautions prises par ceux qui utilisaient l'énergie, et qui interrompaient le service dès que le temps devenait orageux, la première installation mise en marche à la fin d'octobre 1900 a eu sa génératrice foudroyée quatre fois pendant les six premiers mois, bien que pendant cette période il y ait eu deux mois d'interruption.

C'est alors, en mai 1901, que les trois premiers parafoudres construits par la firme Gola, furent installés sur la ligne; depuis cette époque, on n'a plus constaté de dégât imputable aux décharges atmosphériques, quoique les parafoudres présentent les marques de fortes décharges.

Au contraire, la deuxième installation, voisine de la précédente, a eu ses machines foudroyées trois fois pendant la même période de temps; cette seconde ligne n'a cependant que 4^{km} de longueur et elle est protégée par 27 parafoudres appartenant à des types différents et que l'on avait installés en vue de déterminer les avantages de chacun d'eux.

LES TURBINES A VAPEUR (1).

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS.

AVANTAGES DES TURBINES A VAPEUR. — Homogénéité. — Les groupes électrogènes qu'on rencontre dans les stations centrales sont loin de présenter, la plupart du temps, toute l'homogénéité désirable. La machine à vapeur et la dynamo, souvent d'origines différentes, sont réunies pour des raisons où la technique n'a rien à voir. Ce défaut d'homogénéité a conduit dans bien des cas à des insuccès lorsqu'on a voulu faire fonctionner des alternateurs en parallèle, insuccès dont il était souvent difficile de déterminer la cause, chaque constructeur l'imputant à son voisin.

Un groupe électrogène avec turbine constitue, au contraire, un ensemble parfait dans lequel l'alternateur (ou la dynamo suivant le cas) a été spécialement étudié en vue d'un travail commun. Tous deux ont, le plus souvent, la même origine, les mêmes règles ont présidé à leur établissement, circonstances évidemment favorables à leur bonne marche commune.

Encombrement. — Le prodigieux essor qu'ont pris les turbines, en peu d'années, est dû en partie à leur peu d'encombrement.

L'industrie électrique réclame tous les jours des groupes électrogènes de plus en plus puissants, il lui faut maintenant des unités de 8000 et même de 10000 chevaux. Les machines à vapeur ne peuvent suivre cette progression sans devenir encombrantes et coûteuses.

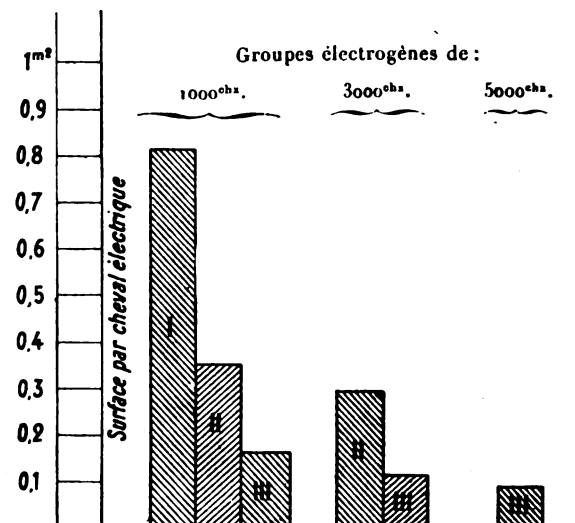
L'application des détentes multiples est venue encore compliquer le problème en augmentant le nombre des organes et leurs dimensions dans des proportions inattendues. Si les cylindres sont placés horizontalement, il faut des dispositifs spéciaux pour supporter les tiges ou diminuer l'usure des segments. S'ils sont placés verticalement, il importe d'établir des passerelles et des escaliers pour avoir accès aux différents points à graisser, ce qui augmente alors les frais de conduite et de surveillance.

Un turbo-alternateur occupe au contraire cinq fois moins de place qu'un groupe électrogène avec machines à pistons, de même puissance. On

s'en convaincra aisément en examinant le diagramme ci-dessous (fig. 1).

Au centre des villes, où le terrain est cher, ou

Fig. 1.



Comparaison au point de vue de l'encombrement entre les machines à vapeur verticales ou horizontales et les turbines à vapeur.

- I. Machines Corliss horizontales;
- II. Machines Corliss verticales;
- III. Turbines à vapeur.

bien lorsqu'il s'agit d'augmenter le plus économiquement possible la puissance d'une station centrale déjà édifiée, ces considérations d'encombrement minimum sont de première importance.

Réduction des fondations. — La réduction des dimensions, et aussi l'absence de trépidations résultant de la suppression de tout mouvement alternatif, permettent de réunir la turbine et la dynamo qu'elle commande sur un même socle. Cet ensemble peut reposer sur des fondations peu coûteuses, il n'est donc plus nécessaire d'établir des massifs de maçonnerie très robustes comme pour les machines à piston. Les turbines peuvent donc être placées dans des endroits où l'installation des machines à vapeur serait impossible ou du moins fort onéreuse.

(1) Voir *La Revue électrique*, t. III, p. 38, 30 janvier 1905.

La réunion des deux organes sur un même bâti permet encore de simplifier énormément le travail de montage qui se réduit à fort peu de chose, la machine étant complètement terminée à l'atelier; on cite même des groupes électrogènes qui ont pu fonctionner quelques jours après leur arrivée sur le chantier.

Enfin la réduction des fondations permet encore une organisation plus rationnelle des sous-sols, où il est plus facile d'installer la tuyauterie et les appareils de condensation (lorsque ceux-ci ne font pas corps avec le groupe électrogène lui-même).

Facilité de conduite et de surveillance. — La suppression des bielles et des manivelles, des tiges et des contre-tiges, des tiroirs ou des obturateurs, des excentriques, a pour résultat immédiat une grande facilité de conduite. Alors qu'il faut deux hommes, dont un mécanicien, pour conduire une machine à triple expansion, un manœuvre suffit à surveiller la marche d'un groupe électrogène de 5000 chevaux. Les frais de main-d'œuvre se trouvent donc diminués dans de très notables proportions.

Faible dépense de graissage. — Nous avons vu que la quantité d'huile nécessaire au graissage des paliers était excessivement réduite. Dans presque tous les modèles une petite pompe à huile puise dans un réservoir pour refouler aux points à lubrifier. L'huile non utilisée fait retour au réservoir et après avoir été tamisée automatiquement peut servir à nouveau. A la diminution des frais de surveillance vient donc se joindre la réduction des frais de graissage.

Rappelons qu'à l'intérieur de la machine même il n'y a aucun frottement et qu'il n'est pas nécessaire de lubrifier la vapeur. L'eau de condensation peut donc être renvoyée à nouveau aux chaudières, sans aucune crainte. Ceci est fort important, particulièrement pour les chaudières à tubes d'eau, puisqu'on évite ainsi les incrustations, sans employer un réactif chimique plus ou moins dangereux ou efficace.

Diminution des frais d'entretien. — Les frais d'entretien sont également fort réduits. On n'a plus à remplacer de segments de pistons, à visiter les excentriques, à entretenir les cylindres et les tiroirs. Il est juste de dire que la rupture d'une ailette a souvent entraîné la mise hors service de la machine, l'aillette rompue brisant toutes

les voisines. Mais c'est là un inconvénient auquel il est possible de remédier en fixant d'une manière plus rigide les ailettes aux couronnes, ainsi qu'on l'a fait du reste dans certaines machines ⁽¹⁾.

Régularité de l'effort moteur. Suppression du volant. — Dans une machine à vapeur l'effort moteur est alternatif, il se produit tantôt en avant, tantôt en arrière du piston, tandis que dans la turbine le couple moteur est uniforme. Il en résulte immédiatement qu'à égalité de puissance le métal fatigue moins dans le deuxième cas que dans le premier, et qu'on peut ainsi avec les turbines répartir et utiliser plus judicieusement la matière.

Une autre conséquence de l'uniformité du couple moteur, c'est la suppression du volant, dont l'utilisation devient superflue non seulement comme régulateur mais aussi comme réserve d'énergie. L'augmentation de la vitesse périphérique, qui intervient comme on sait par son carré dans l'évaluation de la force vive, permet d'augmenter celle-ci dans des proportions très notables sans recourir à des organes autres que ceux de la machine même.

Facilité de mise en parallèle. Faibles variations de la tension des alternateurs. — Une autre conséquence très importante de la régularité de l'effort moteur, c'est la facilité avec laquelle on peut mettre en parallèle des alternateurs commandés par des turbines. Tous les inconvénients qu'on rencontre dans les stations centrales, dit M. Rateau, pompages, surélévations de tensions à l'usine ou en des points du réseau pendant la marche, décrochages, disparaissent lorsqu'on utilise les turbo-alternateurs. Bien plus, un groupe électrogène avec turbine peut régulariser la marche d'un ensemble d'alternateurs commandés par des machines à piston.

Influence des parois. — Les parois internes d'un cylindre de machine à vapeur sont le siège

⁽¹⁾ Il est indiscutable qu'il y a eu des ruptures d'ailettes. Certains constructeurs ont même pris un soin extrême à cacher ces accidents. Le mieux serait de les avouer franchement, car ils servent d'arguments pour mener contre les turbines une campagne qui n'est pas toujours désintéressée. Ce sont les impedimenta d'une mise au point, et l'on fera bien crédit à un organe nouveau qui n'a que quelques années de pratique industrielle alors que la machine à vapeur a mis plus de 50 ans pour atteindre la perfection qu'elle réalise aujourd'hui.

d'une série de condensations et d'évaporations successives. La vapeur condensée pendant l'admission se vaporise à nouveau pendant l'échappement et est envoyée ensuite au condenseur sans avoir produit aucun travail utile. Ces condensations ont donc une influence nuisible sur le rendement. L'emploi d'une chemise de vapeur et des détentes multiples peut atténuer ces pertes sans toutefois les faire complètement disparaître.

Rien de semblable n'existe pour les turbines parce que le fluide s'écoule toujours dans le même sens et que les différentes parties de la machine sont toujours en relation d'un côté avec la même source de chaleur, de l'autre avec un même dispositif de condensation. Toutes les parties de la turbine conservent une température invariable une fois le régime établi. Enfin l'écoulement régulier de la vapeur évite tout entraînement d'eau vers la machine.

Possibilité d'atteindre des puissances élevées. — La turbine à vapeur permet d'atteindre facilement des puissances élevées sans donner à ses différents organes des dimensions prohibitives. On construit à présent des groupes électrogènes de 10 000 chevaux; tel, par exemple, celui destiné à la station centrale d'Eisen, qui commandera directement et à la fois un alternateur de 5 000 kilowatts et une dynamo à courant continu de 1 500 kilowatts. Ce groupe, qui aura 18^m de long et moins de 3^m de hauteur, sera le plus puissant du monde. La turbine seule n'aura pourtant que 7^m de longueur. Le groupe électrogène tout entier sera disposé au niveau de la salle des machines et ne nécessitera aucune plate-forme d'accès ou de service. Rien ne s'oppose du reste à ce qu'on fasse plus grand encore.

Emploi de fortes surchauffes. — Dans les machines à pistons, la surchauffe est limitée par le besoin de lubrifier avec soin les tiroirs et les pistons, or, on sait qu'aux hautes températures les huiles de graissage se décomposent.

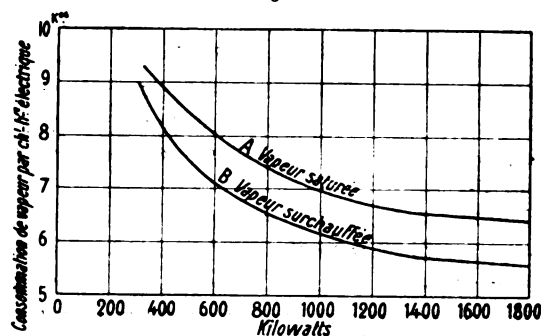
L'absence de tout lubrifiant à l'intérieur des turbines permet au contraire d'utiliser des surchauffes très élevées.

C'est ainsi qu'avec une turbine de Laval on a pu atteindre 300° et réaliser une économie de 35 pour 100 sur la consommation de vapeur. Voici d'autre part les résultats (*fig. 2*) d'une série d'essais de surchauffe effectués sur une turbine Westinghouse de 1 500 kilowatts fonctionnant à

la pression de 10,5 kg : cm² avec un vide au condenseur de 710^{mm}.

La surchauffe a varié de 0° à 80° et les courbes A et B représentent les consommations de vapeur. A est relatif à la vapeur saturée, B à la vapeur

Fig. 2.



surchauffée. On voit que l'économie atteint 14 pour 100 en pleine charge, soit 1 pour 100 environ pour 6° de surchauffe.

Dans les turbines Parsons de grande puissance qu'on construit à présent on utilise des surchauffes de 300°, c'est-à-dire qu'on réalise des températures de vapeur incompatibles avec une bonne marche des machines à pistons.

Emploi des hautes pressions. — L'emploi des fortes surchauffes devra être combiné avec celui des hautes pressions.

Les hautes pressions ne sont pas abordables avec les machines à pistons, car elles conduisent à augmenter le nombre des cylindres et leurs dimensions. Avec les turbines, dans lesquelles la vapeur se détend graduellement de la valve d'admission au condenseur, on peut sans inconvénient augmenter la pression du fluide moteur à son entrée dans la machine. Il suffit simplement d'augmenter le nombre des étages de détente.

Nous avons vu du reste que de très sérieuses expériences de ce genre avaient été organisées à l'Exposition de Stockholm sur une turbine de Laval. Des essais récents effectués sur une turbine Curtis ont pleinement confirmé l'avantage des hautes pressions.

Il paraît nécessaire d'entreprendre de nouvelles expériences dans cette voie, car il y a là, à n'en pas douter, un avenir certain pour les turbines. Il faudra peut-être imaginer une chaudière spécialement étudiée pour les hautes pressions et il n'y aurait rien de surprenant à ce qu'une machine

nouvelle entraînât la réalisation d'un appareil vaporisateur nouveau.

Rendement aux basses pressions. — Un dernier avantage de la turbine à vapeur c'est son excellent rendement aux basses pressions.

Une machine à vapeur fonctionnant avec une pression de quelques kg : cm² seulement devrait avoir, pour utiliser convenablement toute la chute de pression créée par le condenseur, des dimensions si grandes que son encombrement, son poids, son coût d'installation et d'entretien seraient, en fait, à peu près inadmissibles. De plus, le rendement d'une telle machine dépasserait difficilement 40 pour 100, alors qu'une turbine de même puissance, ayant des dimensions très modérées, permettrait de réaliser facilement un rendement de 60 pour 100, par rapport à la consommation théorique de vapeur par cheval-heure. Aussi, a-t-on proposé de combiner les machines à pistons et les turbines à vapeur; les premières étant utilisées pour la haute pression, les secondes pour la basse pression. Ce compoundage d'un nouveau genre, ce système mixte, comme on peut l'appeler, doit, d'après M. Parsons, permettre une économie de vapeur de 15 pour 100. Du reste, nous avons vu, à propos de l'utilisation des vapeurs d'échappement, l'application qui avait été faite de cette méthode à un cas particulier, par M. Rateau. Nous ne pensons pas qu'elle ait été employée dans d'autres circonstances.

Enfin, l'excellent rendement des turbines à vapeur aux basses pressions et la possibilité de faire décrire au fluide moteur un cycle fermé, ont suggéré à quelques inventeurs l'idée de substituer à la vapeur d'eau les vapeurs de liquides tels que l'éther, le chloroforme, le chlorure de carbone. Ce dernier corps est particulièrement apprécié à cause de son poids moléculaire élevé.

En employant l'un ou l'autre de ces corps, il faut, pour éviter les fuites, remplacer la chaudière ordinaire par un appareil de vaporisation spécial. Ce sera, par exemple, un récipient recevant de l'eau chaude, dans laquelle baignera une sorte de condenseur à surface en communication directe avec la turbine. La condensation se fera dans un appareil du même genre parcouru par un courant d'eau froide. Enfin, une pompe servira à renvoyer le liquide condensé dans l'appareil évaporatoire pour servir ensuite à nouveau. En somme cette disposition, qui a été proposée pour

la première fois en 1890 par M. Depretz, est absolument analogue à celle que nous avons indiquée pour l'utilisation des vapeurs froides ⁽¹⁾ avec cette seule différence que le moteur à piston est remplacé par une turbine.

INCONVÉNIENTS DES TURBINES A VAPEUR. — On reproche aux turbines à vapeur :

- 1° Le grand nombre des éléments à l'intérieur de la machine,
- 2° La non-réversibilité,
- 3° Les grandes vitesses de rotation,
- 4° La lenteur de l'arrêt et de la mise en vitesse,
- 5° Le manque d'élasticité de fonctionnement,
- 6° L'augmentation de la consommation de vapeur après un certain temps de fonctionnement.

Grand nombre des éléments. — Le nombre des aubes fixes et mobiles distribuées à l'intérieur d'une turbine est assurément fort élevé, principalement dans certains types de machines. Mais cette complication n'est que relative. En effet, toutes ces aubes sont identiques. Non seulement elles sont construites mécaniquement, mais souvent assemblées par la machine même qui sert à les fabriquer. Il est donc possible de les obtenir à un prix peu élevé. Du reste cette complication, si complication il y a, ne peut intéresser que le constructeur. Or celui-ci arrive à établir une turbine à un prix moins élevé qu'une machine à vapeur de même puissance. Pour l'exploitant, la complication a peu d'importance; il lui suffit de pouvoir remplacer aisément une ou plusieurs ailettes rompues, opération beaucoup plus facile et moins onéreuse que celle qui consiste à remplacer la chemise d'un gros cylindre, ou même les segments d'un piston.

Non-réversibilité. — La non-réversibilité de la turbine est certainement un inconvénient grave de ce genre de machines, mais elle n'intéresse que les turbines de mer. Sur les bateaux il faut avoir des turbines spéciales pour la marche arrière.

Grandes vitesses de rotation. — Pendant longtemps les grandes vitesses de rotation des turbines à vapeur ont été un sérieux obstacle à leur emploi : mais l'emploi de plus en plus répandu des courants alternatifs permet à présent d'accoupler directement les turbines aux alterna-

(1) Voir *La Revue électrique*, t. II, p. 37, 30 juill. 1904.

teurs sans passer par l'intermédiaire d'un organe de réduction. Du reste les vitesses de rotation qui atteignaient au début des chiffres énormes : 25 000 et même 30 000 tours par minute, sont maintenant descendues à des valeurs beaucoup plus basses, puisque les gros turbo-alternateurs modernes tournent à 500 tours par minute.

Enfin, les progrès récents de la Mécanique ont permis de tirer un parti judicieux de ces grandes vitesses pour la commande des pompes et des ventilateurs.

Lenteur de l'arrêt et de la mise en vitesse.

— Cet inconvénient intéresse également l'application des turbines à la propulsion des navires; il n'a aucune importance immédiate dans les stations centrales où la mise en parallèle d'un alternateur nécessite toujours certaines manœuvres pendant lesquelles la vitesse du régime s'établit.

Enfin si, pour une raison quelconque, on veut arrêter rapidement la machine, il est toujours possible de la munir d'un frein électrique puissant qui absorbe, sous la forme de courants de Foucault, l'énergie cinétique emmagasinée dans les parties tournantes.

Manque d'élasticité de fonctionnement.

— Ce manque d'élasticité est l'argument principal qu'on peut présenter pour les turbines, mais ce défaut n'intéresse aussi que les turbines marines. Il est impossible de faire fonctionner une turbine à des vitesses variables sans augmenter notablement sa consommation de vapeur par unité de puissance. Mais en revanche les variations de charge à vitesse constante influent relativement peu sur la dépense de vapeur.

Augmentation de la consommation de vapeur avec l'usage. — Les adversaires des turbines et particulièrement ceux qui ont un intérêt commercial à les dénigrer prétendent que le frottement de la vapeur finit par user les ailettes et que, au bout de très peu de temps, la consommation de vapeur suffisamment bonne lors des essais devient pratiquement inacceptable.

Les grandes turbines à vapeur installées durant ces dernières années ne permettent pas de fixer d'une façon absolument indiscutable ce point délicat; mais on a pu constater, dans deux cas bien différents, qu'après une marche industrielle continue, on n'accusait aucune augmentation dans la consommation de la vapeur. Nous avons cité à propos des turbines Parsons les essais qui avaient été faits dans ce sens, sur une turbine installée à la station de Cambridge. Une autre turbine du même type, installée à Newcastle-sur-Tyne, n'a pas accusé d'augmentation de consommation après une marche continue de dix années. Des essais récents effectués sur une turbine Rateau, aux mines de Bruay, ont confirmé pleinement ces résultats.

En résumé, on peut dire que les principales difficultés rencontrées par les promoteurs des turbines à vapeur sont aujourd'hui presque totalement vaincues, et que ces ingénieuses machines sont véritablement entrées dans la pratique industrielle. Assurément il reste encore à fixer quelques points de détails, c'est la pratique qui déterminera la meilleure solution à adopter dans chaque cas particulier.

(A suivre).

L. DRIN.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS (').

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

L'accumulateur de chaleur Druitt Halpin (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 790, 8 septembre 1904).

On sait que dans les stations centrales d'éclairage

électrique le maximum de la puissance fournie est très grand par rapport à la puissance moyenne; ce maximum ne dure que très peu de temps, au plus 4 à 5 heures par jour. Les machines à vapeur peuvent bien supporter sans difficulté une surcharge; mais il n'en est pas de même des chaudières. L'in-

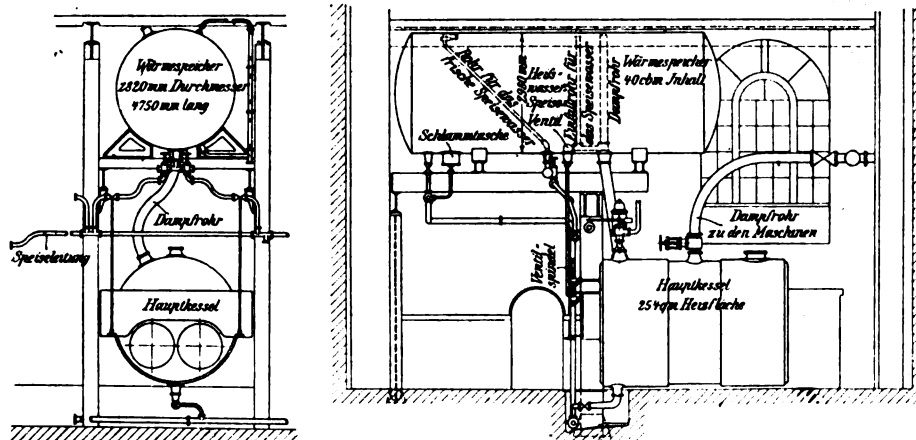
(') Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (1^{re}). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes: BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

stallation de chaudières uniquement destinées à parfaire la charge de la pointe n'est pas recommandable au point de vue économique, indépendamment de l'encombrement supplémentaire que cette installation nécessite.

Druitt Halpin a résolu le problème en imaginant un accumulateur de chaleur qui permet d'utiliser pendant la plupart du temps les chaudières à leur

débit normal et de leur faire donner, au moment du maximum, une surcharge considérable. Comme cet accumulateur se dispose, non à côté, mais au-dessus des chaudières existantes, il n'y a pas à se préoccuper de la question d'emplacement. Disons de suite que ce système est très en faveur depuis quelque temps dans les stations centrales d'Angleterre.

Fig. 1 et 2.



Wärmespeicher, Accumulateur de chaleur. — *Dampfrohr*, Tube de vapeur. — *Hauptkessel*, Chaudière principale. — *Speiseleitung*, Conduite d'alimentation. — *Einfüllrohr für das Speisewasser*, Introduction de l'eau d'alimentation. — *Heisswasser Speiseventil*, Soupape d'alimentation d'eau chaude. — *Rohr für das frische Speisewasser*, Tube pour l'eau d'alimentation fraîche. — *Schlammkammer*, Chambre à boues. — *Dampfrohr zu den Maschinen*, Tube de vapeur pour les machines. — *Ventilspindel*, Axe de la soupape. — *Durchmesser*, Diamètre. — *Heizfläche*, Surface de chauffe. — *Wärmespeicher*, 40 cbm Inhalt, Accumulateur de chaleur, contenance 40m³. — *Hauptkessel*, 254 qm Heizfläche, Chaudière principale, surface de chauffe 254m².

Les figures 1 et 2 représentent l'installation de l'usine de Carnaby Street à Londres. Au-dessus de chaque chaudière est placé un accumulateur de chaleur dont la contenance est beaucoup plus grande que celle de la chaudière elle-même. Cette dernière est du type à deux tubes intérieurs avec retour de flamme, type communément adopté en Angleterre (1).

L'exploitation se fait de la façon suivante : dès que le moment de la forte charge est passé, on remplit la chaudière supérieure d'eau d'alimentation. Elle reste pleine tant que dure la faible charge et la

chaudière inférieure s'alimente alors par le tube représenté en traits ponctués. Dans l'accumulateur l'alimentation se fait à la partie supérieure et juste au-dessus de la chambre à boues. Dans ces conditions les dépôts ne s'étalent pas sur toute la surface mais se rassemblent vers la chambre d'où on les extrait de temps en temps. Les deux chaudières communiquent par le large tube et la vapeur provenant de la chaudière inférieure porte l'eau de l'accumulateur à sa propre température, le tube d'alimentation de la chaudière débouchant dans la chambre de vapeur de l'accumulateur.

Pendant la faible charge, la chaudière ne fournit

(1) Cette chaudière a 2^m,98 de diamètre et 4^m,92 de longueur; les deux tubes à feu ont 0^m,99 de diamètre et la grille a 1^m,83 de longueur. A la partie supérieure existent 138 tubes de fumée de 33^{mm} de diamètre, de sorte que la surface totale de chauffe (tubes à feu, tubes de fumée et manteau extérieur) atteint 254m². La pression normale est 11^{atm} et, en alimentant simplement avec l'eau à 100° C. provenant de l'économiseur, on vaporise ainsi 4550^{kg} par heure, soit 17^{kg},5 par mètre carré.

La chaudière accumulatrice a 2^m,82 de diamètre et 7^m,75 de longueur. Sa contenance est de 42m³, dont 40m³ peuvent être vidés dans la chaudière inférieure. Elle est montée sur

des supports tout à fait indépendants de la chaudière principale. Le tube qui réunit les deux chaudières est courbé pour permettre l'expansion.

La nouvelle station centrale de Marylbone possède 8 accumulateurs ayant chacun 2^m,7 de diamètre et 9^m de longueur, ce qui permet de porter à 17000^{kg} de vapeur à l'heure, et cela pendant 5 heures, la production de chaque chaudière. Dans la station centrale Hampstead, il y a 6 accumulateurs de 2^m,7 de diamètre et 8^m,4 de longueur. Ces installations ont été faites par la Société Thermal Storage Ltd, de Westminster.

pas seulement la vapeur aux machines, mais encore échauffe les 42^m de l'accumulateur. Elle travaille ainsi sous charge normale. Lorsque survient la forte consommation du réseau, on suspend l'alimentation par l'économiseur et l'on n'alimente plus qu'avec l'eau provenant de l'accumulateur, et qui possède maintenant la température de la chaudière. Dans ce but, une soupape d'alimentation d'eau chaude est prévue à gauche du tube d'introduction. Dans ces nouvelles conditions, la chaudière peut fournir jusqu'à 900^{kg} de vapeur à l'heure, ce qui correspond à une vaporisation de 35^{kg},5 par mètre carré et par heure. La production est donc doublée et peut être ainsi maintenue pendant 4 heures 30 minutes, jusqu'à épuisement de l'accumulateur, ce qui suffit largement pour assurer la pointe de la courbe de consommation.

Une question qui se pose, par suite des grandes dimensions de la chaudière accumulatrice, est celle de la perte par rayonnement. Pour élucider ce point, Druitt Halpin a fait des essais sur une chaudière de 1^m,22 de diamètre et 5^m,25 de longueur; il a reconnu que pour la pression de 11^{atm} il faut 1^{kg},5 de charbon par heure pour compenser les pertes de chaleur. Cette chaudière était, comme tous les accumulateurs de chaleur, enveloppée d'une couche de matière isolante ayant 75^{mm} d'épaisseur. La perte en combustible causée par le rayonnement est inférieure à 7^{kg} pour 100^m de surface de chaudière. Comme la chaudière accumulatrice décrite ici a 82^m de surface, la perte est de 5^{kg},75 de charbon par heure, ce qui représente journallement 138^{kg}. En admettant une production de 8^{kg} de vapeur par kilogramme de charbon, ces 138^{kg} correspondent à 1100^{kg} de vapeur par jour, soit, en chiffres ronds, à 1 pour 100 de la production journalière totale. Cette perte est de beaucoup inférieure à celle qui résulterait du doublement du nombre des chaudières (1). En outre, par suite de la séparation des

boues dans l'accumulateur, boues qui se laissent alors très facilement extraire, on diminue beaucoup, si on ne les évite complètement, les incrustations de la chaudière, ce qui provoque une augmentation non négligeable du rendement thermique de celle-ci et diminue en outre les dépenses de l'entretien. Dans l'accumulateur même il ne peut y avoir d'incrustations, car aucune des parties n'est soumise à l'action du feu.

Sur le courant magnétisant (*Industrie électrique*, t. XIV, 25 janv., p. 37). — On sait qu'une différence de potentiel sinusoïdale appliquée aux extrémités d'un circuit magnétique sans fuite et suffisamment feuilleté donne un courant qui, par suite de l'hystérésis du noyau magnétique, n'est pas sinusoïdal. Dans les calculs on substitue à ce courant réel J un autre courant I parfaitement sinusoïdal ayant même intensité efficace et correspondant à la même dépense d'énergie pour la même différence de potentiel appliquée. Ce courant fictif présente sur cette différence de potentiel un retard de phase $\frac{\pi}{2} - \alpha$, où α est donné par l'égalité

$$\sin \alpha = \frac{4 \pi r_1 J_m}{15 \pi r_2 I_m}$$

car, aucune évaporation n'ayant lieu, la chute de température dans le plus faible possible et la quantité de combustible consommé par heure est beaucoup plus grande que celle qui correspond aux pertes par rayonnement.

En 1872, Anderson a effectué des recherches sur la différence dans le passage de la chaleur dû à l'échauffement seul de l'eau d'une part et à sa vaporisation d'autre part. Il a trouvé comme rapport des calories traversant la paroi de la chaudière, dans un cas 1 à 2,3 et dans un autre cas 1 à 1,8.

Plus récemment, Hamilton (*Belfast Mechanical and Engineering Association*, 25 mars 1902) a publié les résultats de ses recherches.

Il a trouvé, notamment, que par l'emploi d'un économiseur Green l'économie est plus grande que celle calculée d'après le bilan thermodynamique.

Si l'économiseur apportait à l'eau d'alimentation 17 pour 100 de la chaleur nécessaire pour la vaporisation, la consommation de combustible était réduite de 20 pour 100 environ. L'eau d'alimentation recevant 20,4 pour 100 de la chaleur totale, la réduction de combustible atteignait 24,7 pour 100. Dans quatre expériences soigneusement exécutées, la différence entre l'économie de charbon calculée et l'économie réelle atteignait 4, 4,3, 5,7 et 4,6 pour 100. Hamilton suppose qu'avec l'eau d'alimentation chauffée, la surface de chauffe est plus active; il passe plus de chaleur à travers les parois de la chaudière et moins dans la cheminée. Par la présence des bulles de vapeur, la surface des parois de la chaudière est refroidie beaucoup plus énergiquement que par l'eau en repos. Ainsi s'explique que la chute de température dans la tôle de la chaudière est d'autant plus grande qu'une plus grande quantité des calories est consommée pour la vaporisation seule. Par conséquent, plus l'eau d'alimentation est échauffée et plus on améliore l'action de la tôle comme conducteur de chaleur. Dans l'appareil Druitt Halpin on a poussé cet avantage à sa dernière limite puisque l'eau d'alimentation étant amenée à la température même de la vapeur, il n'y a plus de chaleur à dépenser pour l'échauffement de l'eau et que toute la chaleur est utilisée pour la vaporisation. La paroi de la chaudière travaille dans les conditions les plus favorables et l'on atteint la puissance maximum. Il est surprenant cependant que ce maximum dépasse de 100 pour 100 la puissance normale.

(1) Pour expliquer ces bons résultats, il convient de rappeler que l'écoissais Kirkaldy a montré, il y a longtemps déjà, que l'emploi de vapeur pour échauffer préalablement l'eau d'alimentation ne contribue pas simplement à augmenter le pouvoir vaporisateur de la chaudière, mais encore élève son rendement. Aussi emploie-t-on beaucoup aujourd'hui ce système d'échauffement préalable. La plus grande économie dans ce cas provient de ce fait que la chute de température entre les surfaces de la tôle de la chaudière en contact avec le feu et celles en contact avec l'eau est d'autant plus grande qu'une plus grande quantité de chaleur est employée pour la vaporisation réelle, et qu'une moins grande quantité de chaleur est utilisée pour l'échauffement de l'eau à la température de la vapeur. Or à une plus grande différence de température correspond un passage plus rapide de la chaleur, une température plus faible dans la cheminée et, par conséquent, une meilleure utilisation du combustible. Pour une chaudière qui doit être maintenue sous pression, mais sans fournir de vapeur, les conditions sont les plus défavorables,

J_m et I_m étant les intensités maximum du courant réel et du courant fictif, $\mathcal{W}_m$ l'induction maximum à laquelle est porté le fer à chaque cycle, μ la perméabilité et η le coefficient de Steinmetz. — Or Steinmetz a constaté, en représentant graphiquement le courant J et I , que l'on a sensiblement $J_m = I_m$ (STEINMETZ, *Théorie et calcul des phénomènes des courants alternatifs*, trad. franç., p. 125); par suite

$$\sin \alpha = \frac{4 \mu \eta}{\mathcal{W}_m^{0.4}}$$

D'autre part, Kapp en admettant, comme on le fait généralement, que le courant magnétisant se confond avec le courant déwatté, a trouvé $J_m = I_m \cos \alpha$, ce qui donne

$$\tan \alpha = \frac{4 \mu \eta}{\mathcal{W}_m^{0.4}}$$

(SARTORI, *Courant alternatif*, trad. franç., t. II, p. 119). — Ces deux expressions donnent nécessairement pour α des valeurs assez divergentes, α n'étant pas, en général, très petit. L'auteur de l'article qui nous occupe (signé P. J.) cherche la raison de ces divergences, divergences d'autant plus surprenantes que, d'un côté, la formule de Steinmetz est certainement d'accord avec les faits expérimentaux, puisqu'elle a été déduite de ceux-ci et que, d'un autre côté, les bases théoriques qui conduisent à la formule de Kapp semblent inattaquables. Il fait remarquer que les divergences disparaîtraient si dans le second membre de la formule de Kapp on remplaçait μ par $\frac{\mu}{\cos \alpha}$, c'est-à-dire par une

quantité plus grande que la perméabilité μ ; en d'autres termes, la théorie de Kapp peut être acceptée à condition d'y introduire au lieu du coefficient de perméabilité vrai, déterminé par les méthodes statiques, un coefficient de perméabilité fictif, plus grand que le coefficient vrai, déterminé par la méthode des courants alternatifs, au moyen de l'équation

$$I_d \sqrt{2} = \frac{\mathcal{W}_m l}{4 \pi n \mu'} = \frac{U_m l}{4 \pi n^2 \omega S \mu'}, \quad \text{d'où} \quad \mu' = \frac{4 \pi n^2 \omega S I_d}{U l},$$

I_d étant l'intensité efficace du courant déwatté correspondant à la tension efficace U aux bornes, l et S la longueur et la section du circuit magnétique, n le nombre des spires. Cette manière de voir est confirmée par le fait que certains auteurs, et en particulier Kapp, ont donné pour des tôles d'induit des valeurs exceptionnellement grandes, obtenues très probablement par la méthode des courants alternatifs; or si de ces valeurs on déduit $\tan \alpha$ par la formule de Kapp, puis qu'on les multiplie par les valeurs correspondantes de $\cos \alpha$, on trouve précisément des valeurs concordant avec celles que fournissent les mesures statiques de la perméabilité. — Il résulte de ces considérations que le calcul du courant magnétisant, tel qu'on le fait ordinairement ($J_m = \frac{\mathcal{W}_m l}{4 \pi n \mu}$) en prenant pour μ les valeurs données par les méthodes statiques, fournit un résultat trop élevé. Fort heureusement, cette erreur n'a pas beaucoup d'importance en pratique, d'abord parce que, dans la prédétermination du courant magnétisant, il vaut mieux se tromper en plus qu'en moins; ensuite parce que, dès qu'il y a le moindre entrefer ou la moindre fuite, le courant magnétisant augmente notablement; enfin parce que, à pleine charge d'un appareil quelconque à courant alternatif, le courant magnétisant n'est qu'une faible composante du courant total.

Procédé E. Ruhmer pour la production des courants de haute fréquence. — Ce procédé est basé sur le principe déjà utilisé par Poulsen dans son télégraphe (*Ecl. élect.*, t. XXIII, p. 397; t. XXIV, p. 39 et t. XXXVII, p. 306);

si l'on fait passer un courant variable dans un électro-aimant devant les pièces polaires duquel se déplace une pièce d'acier (ruban ou disque), il se produit dans l'acier des *trains* magnétiques dont les divers points présentent une intensité d'aimantation différente, et, si l'on déplace ensuite cette pièce d'acier devant l'électro-aimant non excité, il se développe dans la bobine de celui-ci des forces électromotrices variables. Dans le cas où le courant d'inscription est périodique, la force électromotrice développée dans la seconde opération est elle-même périodique et sa fréquence dépend du rapport des vitesses avec lesquelles se déplace la pièce d'acier dans les deux opérations: si la vitesse est plus grande dans la seconde que dans la première, la fréquence de la force électromotrice induite est plus grande que celle du courant d'inscription. Dans l'appareil de Ruhmer un disque d'acier (ou de laiton recouvert de rubans d'acier) tourne entre les branches d'un électro-aimant disposé radialement; l'électro-aimant étant excité par un courant alternatif, on donne au disque un lent mouvement de rotation; on supprime ensuite le courant d'excitation et l'on fait tourner rapidement le disque à l'aide d'un moteur électrique; on obtient ainsi des courants dont la fréquence peut atteindre 25 000 périodes par seconde.

Éléments de polarisation à plaques d'aluminium, par MAX BUTTNER (Brevet français 341236 du 23 juin 1904, sans figure). — Les éléments de polarisation à plaques d'aluminium servant selon leur construction de condensateurs, de redresseurs de courant ou de soupapes électriques, présentent, en général, l'inconvénient de ne pas fonctionner à température élevée. La nature de l'électrolyte joue, sous ce rapport, un rôle essentiel. Parmi les électrolytes employés, la solution de bicarbonate d'ammonium indiquée dans le brevet allemand 110740 donne les résultats les plus favorables, car elle reste active jusqu'à 50° C. Mais, sous l'influence de la chaleur, le bicarbonate s'échappe de la solution, et il faut le renouveler constamment. — La solution de borate d'ammonium, brevetée ici, se comporte d'une manière beaucoup plus avantageuse. Non seulement elle reste complètement active à 60° C., mais encore l'électrolyte est stable. On peut employer le borate d'ammoniaque avec excès d'acide borique ou excès d'ammoniaque; on peut prendre également d'autres borates alcalins, mais la potasse et la soude offrent l'inconvénient d'attaquer à la longue les électrodes d'aluminium.

Perfectionnements apportés aux piles, par WARNON (Brevet français 341557 du 23 mars 1904, 2 figures). — L'inventeur supprime le vase poreux dans la pile Leclanché et fait un élément bipolaire qu'il suffit de plonger dans la solution de chlorhydrate d'ammoniaque pour le faire fonctionner.

Le récipient est un vase en zinc ayant des trous vers le bas. A l'intérieur on introduit la lame de charbon entourée du mélange de bioxyde de manganèse et de charbon renfermé dans un sac. On isole du vase par des fibres et du fond par un disque en cire. On bouche l'extrémité supérieure également avec de la cire.

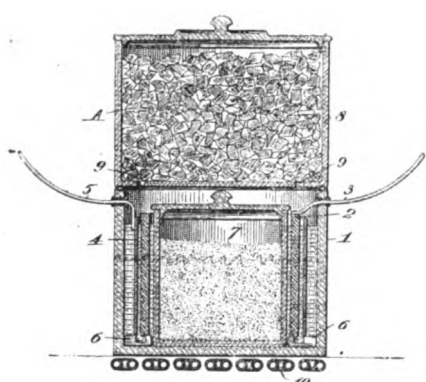
Pile électro-gazogène auto-régénérable, par PÉRIOLE (Brevet français 342216 du 13 avril 1904, sans figure). — L'élément comprend un vase rempli d'acide sulfurique étendu dans lequel plongent deux électrodes qui peuvent être en même métal ou en charbon. On plonge dans le liquide du carbure de calcium; la décomposition a lieu avec dégagement de gaz et l'on constate l'existence d'un courant électrique proportionnel à la quantité de carbure immergée et à la surface de la pile. On peut régler à volonté la décomposition du carbure en variant la densité du liquide. Au-dessus de la pile, un gazomètre recueille le gaz acétylène. D'après le brevet, le courant électrique subsiste même après com-

plète décomposition du carbure. De plus, si l'on retire à un moment quelconque les électrodes et qu'on les plonge dans l'eau acidulée ou même pure, on constate un courant électrique sensiblement égal à celui de la pile en fonction. L'inventeur présente sa pile comme produisant simultanément du gaz et de l'énergie électrique. L. J.

Procédé et appareil pour la production d'énergie électrique directement du charbon, par KEYSER (Brevet français 341144 du 16 février 1904, 2 figures). — Cette pile, qui consomme le carbone sous la forme gazeuse (hydrocarbures par exemple), a déjà été décrite ici (*La Revue électrique*, t. II, p. 115, 30 août 1904) d'après le brevet anglais.

Élément Jay Noble et Edward-L. Anderson. Brevet américain 759740 du 1^{er} juin 1903 (*Centralblatt f. Accumulatoren*, t. V, 1^{er} août 1904, p. 171). — L'énergie électrique est produite, dans cette pile, par l'oxydation du carbone. Comme électrode négative, on prend l'aluminium ou une autre matière inattaquable par l'électrolyte. Celui-ci consiste en une solution d'acide nitrique (étendue dans la proportion 1:1). Les gaz produits sont condensés dans du charbon ou du coke et retournent ensuite dans l'élément. Dans un vase 1 (*fig. 1*) sont disposés sur des blocs 6 le

Fig. 1.



charbon 2 avec la prise de courant 3 et l'électrode en aluminium 4 avec sa prise de courant 5. Dans le but de réduire la quantité d'électrolyte tout en conservant une grande surface d'électrodes, on dispose au centre une masse quelconque, par exemple un vase rempli de sable 7. Sur l'élément, on place le condenseur 8 dont le fond est muni d'ouvertures 9 et qui est rempli de coke ou d'une matière analogue maintenue à l'état humide. Un serpentin de vapeur 10 porte l'élément à la température de 65°C. En fermant le circuit de la pile, l'oxygène se porte sur l'aluminium; l'hydrogène, qui se rend au charbon, est oxydé en eau par l'acide nitrique et il se dégage du peroxyde d'azote qui, à la température de 65°C., oxyde le charbon de sorte qu'il se dégage de l'acide carbonique et de l'oxyde azotique. Ce dernier, à son tour, s'oxyde à nouveau en présence de l'oxygène et reforme le peroxyde d'azote qui, au contact de l'eau du condenseur, redonne de l'acide nitrique. Cet acide nitrique retombe dans l'élément par les ouvertures 9. La force électromotrice de cette pile est 1,5 volt; d'après le brevet, elle est économique, très constante et de très faible résistance intérieure. L. J.

Groupe électrogène de la Société alsacienne de Constructions Mécaniques, à l'Exposition de Saint-Louis (*L'Industrie électrique*, t. XIII, p. 469-474, 10 octobre 1904). — Ce groupe comprend : une machine à vapeur (horizontale, compound, tandem, 1000 chevaux, distribution par pistons-valves), directement accouplée à un alternateur

triphase (2500 volts, 20 périodes par seconde, 94 t : m, 64 pôles, 850 kilovolts-ampères) et une excitatrice montée en bout d'arbre (8 pôles, induit denté, 110 volts, 300 ampères); en outre, divers appareils accessoires : moteur triphasé actionnant la pompe du condenseur (30 kilowatts, 110 volts, 750 t : m), transformateur réducteur pour l'alimentation du moteur, tableau de distribution. Six figures donnent des vues et coupes des appareils électriques.

Usine génératrice à 55000 volts de la rivière Puyallup, près de Tacoma, Washington, États-Unis (*Electrical World and Engineer*, t. XLIV, p. 553-558 et 612-616, 1^{er} et 8 octobre 1904). — Cette usine, mise en service le 23 juillet dernier, développe une puissance de 20000 chevaux; elle a été prévue pour pouvoir en développer 40000; elle utilise une chute d'environ 300^m; elle renferme quatre unités génératrices, chacune formée de deux turbines Pelton et d'un alternateur de la General Electric Company de 3500 kilowatts à charge normale (4400 kilowatts en surcharge), deux groupes d'excitation actionnés par deux roues Pelton (ou au besoin par deux moteurs triphasés de 200 chevaux à 2080 volts), et enfin trois groupes de trois transformateurs G. E. à isolation par l'huile et refroidissement par circulation d'eau élevant la tension du courant des alternateurs de 2300 volts à 27500, 45000 ou 55000 volts (depuis la mise en service on a marché à 55000 volts). L'énergie transmise est utilisée par les tramways de Seattle et de Tacoma (27^{km} environ de voies), le chemin de fer à troisième rail de Seattle à Tacoma, deux tramways sur route à Seattle et à Tacoma, la nouvelle usine élévatrice des eaux de Tacoma, de nombreuses manufactures, les ateliers de la Northern Pacific Company, l'éclairage public et privé de Seattle et des diverses villes situées entre Seattle et Tacoma. La description est illustrée par 21 vues photographiques, un plan du réseau et deux coupes de l'usine.

Usine hydroélectrique de Solingen, Prusse rhénane (*Génie civil*, t. XLVI, p. 65-71, 3 décembre 1904, 19 figures, plus une planche). — Cette usine, située sur la Wupper, à 6^{km} de la ville, sert à la fois à la production de l'énergie électrique et au refoulement de l'eau d'alimentation. Elle renferme deux turbines à basse pression desservies par l'eau de la Wupper (chute de 5^m) et deux turbines à haute pression desservies par l'eau d'un réservoir créé pour avoir une réserve d'eau potable (chute de 50^m); une turbine de l'une et l'autre espèce est utilisée pour le service des eaux; les deux autres pour le service électrique. La turbine à basse pression du service électrique a une puissance de 450 chevaux, à la vitesse de 110 t : m; elle commande directement un alternateur Brown-Boveri de 240 kilowatts. La turbine à haute pression est à axe horizontal du système Francis et actionne directement un alternateur Brown-Boveri de 200 kilowatts. Ces alternateurs fournissent des courants triphasés à 5300 volts, et sont excités chacun par une dynamo de 16 kilowatts qui commande un moteur triphasé. Du tableau de distribution partent deux câbles souterrains indépendants, composés chacun de trois fils de 25^{mm}² qui desservent 13 sous-stations; chacune de celles-ci contient deux transformateurs de 20 kilowatts abaissant la tension à 220 volts et alimentant l'un le réseau d'éclairage, l'autre le réseau de force motrice, réseaux distincts entre eux mais qui sont reliés à au moins deux sous-stations pour plus de sécurité. La distribution du courant a été inaugurée le 1^{er} janvier 1903. L'énergie électrique est vendue 0^{fr},55 le kilowatt-heure pour l'éclairage et 0^{fr},225 pour la force motrice.

Usine génératrice du port de Morecambe Bay, Angleterre (*Electrical World and Engineer*, t. XLIV, p. 608-612, 15 octobre 1904). — Cette usine a été établie par la Midland Railway Company pour l'éclairage des magasins qu'elle possède à Morecambe Bay, où se fait un trafic

intense avec l'île de Man et l'Irlande, et pour la mise en mouvement des grues et autres appareils de manutention desservant ces magasins. Elle renferme trois groupes électrogènes à moteurs à gaz pauvre Mond alimentant un réseau à trois fils à courant continu de 2×30 volts. Une vue intérieure, une vue extérieure et un plan de l'usine, ainsi qu'une vue d'une grue électrique, accompagnent la description de cette installation.

Usine génératrice à turbo-dynamos de Neuchâtel (Suisse) (*American Electrician*, t. XVI, octobre 1904, p. 493-497). — La force motrice hydraulique assurant le service des tramways électriques de Neuchâtel étant parfois insuffisante, on vient de construire une usine à vapeur de secours. Cette usine est en ciment armé, système Hennebique; la construction des bâtiments a coûté 123 000 fr.; son prix total s'est élevé à 166 775 fr., y compris la cheminée, les fondations des chaudières et des machines, les conduites pour les câbles, etc., mais non compris le matériel générateur. Celui-ci comprendra 6 chaudières, 4 turbo-dynamos Brown Boveri-Parsons de 300 kilowatts à 500 volts; pour le moment 2 chaudières et 1 turbo-dynamo sont seulement installées.

L'usine contient en outre deux groupes transformateurs de 100 chevaux formés chacun d'un moteur d'induction et d'une dynamo et d'un troisième d'une puissance à peu près égale avec moteur synchrone; ces groupes sont alimentés par les courants triphasés à 3800 volts, 33 périodes par seconde, fournis par l'usine hydraulique du Pré-aux-Clées.

La force motrice à l'Exposition de Saint-Louis (*Génie civil*, t. XLV, p. 403, 22 oct. 1904; t. XLVI, p. 161 et 191, 14 et 21 janv. 1905). — L'auteur, M. L. Piaud, qui a consacré récemment un article aux générateurs à vapeur (voir p. 159, n° du 15 septembre), donne une idée de l'ensemble de toutes les machines motrices, puis décrit l'un des groupes. Les machines motrices étaient au nombre de 30, pouvant fournir 35 000 chevaux. Quatre groupes de 2000 kilowatts formés de quatre machines à vapeur Westinghouse verticales commandaient deux alternateurs Westinghouse et deux alternateurs General Electric Co (courants triphasés à 6600 volts) appartenant à l'administration de l'Exposition et constituaient le *Service power plant*. Les autres machines ou groupes électrogènes appartenaient aux exposants et constituaient l'*Exhibitors power plant*; il n'y avait que deux groupes exposés par des étrangers: un de 700 kilowatts, exposé par la Société alsacienne de Constructions Mécaniques; un autre de 1000 kilowatts, formé d'une machine Delaunay-Belleville et d'un alternateur à 2300 volts de la Société l'Éclairage électrique. Le groupe, décrit avec quelques détails dans l'article, est l'un des quatre groupes du *Service power plant*. — Dans le numéro du 14 janvier, M. Piaud donne une description, illustrée par 19 figures, de quatre machines horizontales (Buckeye de 1400 chevaux, Fleming de 600 chevaux, Idéale de 100 chevaux, American Engine Co de 200 chevaux) et de trois machines verticales (Allis-Chalmers de 3000 chevaux, Brown-Corliss, Hamilton-Corliss de 2500 chevaux). Dans le dernier article il décrit sommairement une turbine Hamilton-Holzwarth de 1500 kilowatts, construite par la Hooven, Owens, Rentschler Co de Hamilton (Ohio), puis deux condenseurs (Alberger et Worthington), un moteur à gaz pauvre de la Weber Gas and Gasoline Engine Co et enfin signale quelques turbines hydrauliques. — Dans ses conclusions M. Piaud constate qu'au point de vue mécanique l'Exposition de Saint-Louis n'a pas été très fertile en enseignements nouveaux. « L'ingéniosité américaine, dit-il, s'est révélée, comme toujours, dans les détails de certaines machines, mais il est hors de doute que rien de ce que nous avons vu ne marque un pas en avant dans la construction des chaudières et des machines à vapeur. Il semble y avoir à cela deux causes: d'abord, l'ex-

position de Saint-Louis n'a pas été populaire en Amérique, et, peut-être, parmi les maisons qui se sont abstenues d'y participer, y en a-t-il qui auraient pu montrer autre chose que des machines Corliss dont le modèle remonte bien loin en arrière; ensuite, les besoins de l'industrie américaine sont différents des nôtres: le charbon est mauvais, mais très bon marché; on se préoccupe donc beaucoup moins qu'en Europe de ramener la consommation de vapeur à sa plus basse limite. Aussi les hautes pressions sont-elles inconnues; il serait difficile de trouver des chaudières américaines timbrées au-dessus de 15 kg/cm². Les turbines elles-mêmes, né permettant qu'une détente modérée, n'ont pas besoin de vapeur à haute pression, et l'on ne songe pas à augmenter le timbre des chaudières. Il en résulte que les machines à triple et quadruple expansion n'ayant pas de raison d'être, on n'en fait pas; ce qu'on recherche, avant tout, c'est vendre bon marché: on répète donc indéfiniment les types existants. »

BREVETS RÉCENTS.

Machines génératrices: BEHREND. USAP. 779575, 6 nov. 1903 (enroulement polyphasé). — CARSON. BP. 23820, 1904 (enroulement). — DEUTSCH. BP. 23377, 1904 (dynamo). — FARCOT frères. BF. 347026, 12 oct. 1904 (disposition d'alternateurs à pôles alternés et à bobines inductrices et induites fixes). — FARNSWORTH. USAP. 777194, 1^{re} août 1902 (dynamo à vitesse variable). — FORTESCUE. BP. 20000, 1904 (enroulement). — ELECTRICITY ACT. GES. VORM. LAHMEYER et Co. DRP. 157637, 13 nov. 1903 (charge et décharge de volants reliés à un alternateur). — LAHMEYER et Co. DRP. 157935, 17 avril 1904 (excitation de pôles compensateurs). — MASCHINEN FABRIK OERLIKON. DRP. 157899, 2 fév. 1904 (enroulement). — POCOCK. USAP. 778798, 17 oct. 1902 (bâti pour machines électriques). — REIST. USAP. 775458, 9 mai 1902 (dynamos). — SACHSENWERK LIGHT UND KRAFT A.-G. DRP. 157820, 21 fév. 1904 (fixation des tôles). — SHAW. USAP. 779054, 29 août 1899 (génératrice).

Machines transformatrices: ELLIOT. DRP. 157696, 17 fév. 1904 (interrupteur automatique). — GUENET. BP. 3357, 1904 (trembleur). — KIEPER. DRP. 157642, 19 déc. 1902 (redresseur de courant alternatif). — MEYERS. USAP. 779231, 4 août 1904 (bobine d'induction). — SPAUDLING et AUSTINO. USAP. 779673, 25 avril 1904 (appareil d'induction à haute fréquence). — WATSON et WHEELER. BP. 17672, 1904 (bobine d'induction).

Accumulateurs: GERARD et FIEDLER. BP. 6972, 1904 (électrodes). — GREGORY. USAP. 777851, 14 mai 1904 (batterie). — HOBEL. BF. 346804, 4 oct. 1904 (procédé de fabrication d'électrodes pour accumulateurs). — JUNGER. BP. 21402 et 21403 (électrodes). — KIESERITSKY. BF. 346760, 3 oct. 1904 (procédé pour régénérer les plaques négatives des accumulateurs, de capacité amoindrie ou pour empêcher la diminution de capacité des plaques neuves). — MOLLMANN, BP. 23452, 1904 (accumulateur). — PESCATORE. BP. 1036, 1904, (accumulateur). — WAPPLER (R.-H.) et WAPPLER (F.-H.). USAP. 777457, 20 avril 1904 (bac). — WATSON. USAP. 777985, 13 juin 1904 (batterie). — ZIEGENBERG. BP. 21913, 1904 (accumulateur).

Divers: AICHELE. USA. 778834, 7 déc. 1903 (procédé de ventilation pour machines électriques). — BOSQUET. BP. 20896, 1904 (culasse à eau). — CONLEE. USAP. 779265, 21 mai 1904 (porte-balai). — FOOT. BP. 14136, 1904 (porte-balai). — LAHMEYER and Co. BP. 11168, 1904; DRP. 157884, 17 avril 1904 (dispositif de sûreté et commutateur pour excitatrice de dynamo multipolaire). — LAMME. BP. 19125, 1904 (porte-balai). — STAYER. USAP. 779814, 23 oct. 1899 (porte-balai). — STEWART. USAP. 779326, 12 fév. 1904 (dispositif pour empêcher les incrustations dans les chaudières).

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Conductibilité de l'atmosphère aux voltages élevés, par H.-J. RYAN (*Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, t. XXI, p. 275-309).

Les pertes par conduction à travers l'atmosphère dans les canalisations à haute tension ont été étudiées par Steinmetz, par Scott et Mershon, entre autres expérimentateurs.

Lorsque le gradient du potentiel dépasse une certaine limite, la décharge disruptive se produit à travers l'air et le courant de perte peut se continuer ensuite sous deux formes : l'arc ou l'aigrette.

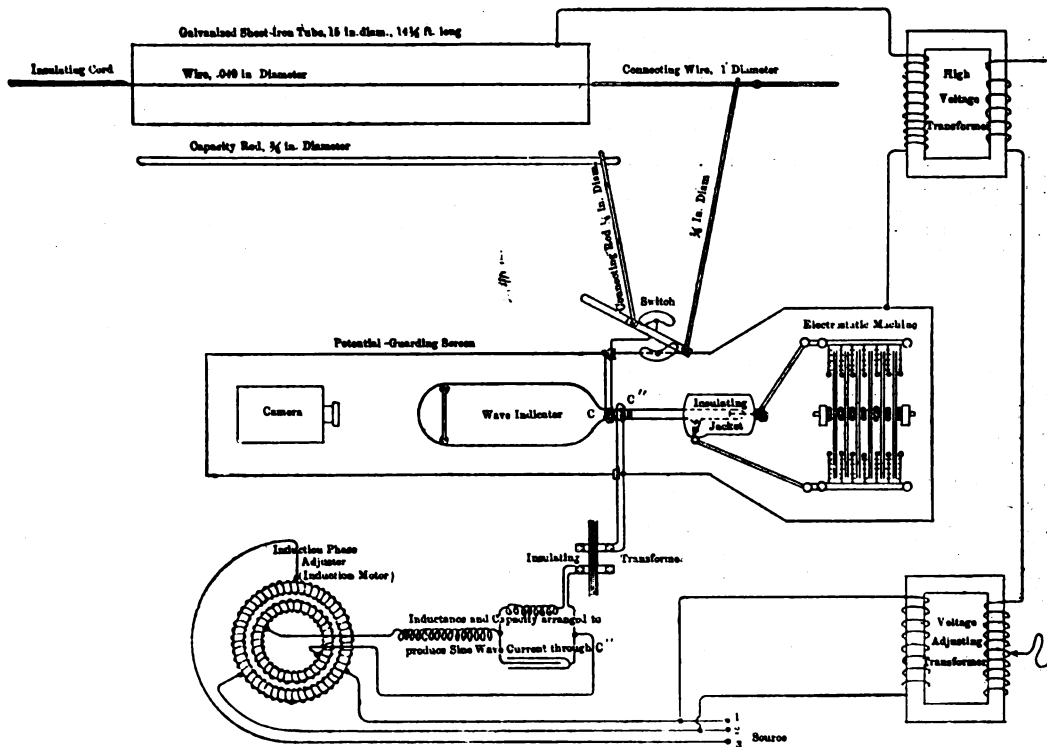
La limite à laquelle se produit la décharge disruptive varie avec les conditions atmosphériques : d'après Mershon, elle serait proportionnelle à la

densité de l'air, c'est-à-dire proportionnelle directement à la pression et inversement à la température absolue. Elle varie aussi avec l'état hygrométrique, mais sans qu'on ait pu établir de loi simple pour exprimer cette variation.

En répétant les mesures de Mershon, l'auteur a trouvé des résultats différents. Pour déterminer la cause de cette divergence, il a effectué une série d'expériences de laboratoire dans des conditions permettant de connaître le plus exactement possible toutes les grandeurs susceptibles d'influer sur le début de la décharge.

Le conducteur est un simple fil de cuivre, ayant 1^{mm},24 de diamètre, tendu dans l'axe d'un tube en tôle galvanisée ayant 38^{cm} de diamètre et 4^m,40 de longueur (*fig. 1*). Entre le fil et le tube on établit,

Fig. 1.



à l'aide d'un transformateur, une différence de potentiel pouvant atteindre 80000 volts efficaces. On observe, d'une part, le moment où l'aigrette devient visible dans l'obscurité, d'autre part, on étudie la courbe du courant à l'aide d'un tube de Braun. A titre de contrôle et pour reconnaître immédiatement si la courbe du courant qui charge le fil s'écarte de la forme qu'elle présente en l'absence de toute conduction atmosphérique, on a disposé en dehors du cylindre une tige de cuivre de 1^{cm},9 de diamètre.

A l'aide d'un commutateur, on peut envoyer dans les bobines du tube de Braun le courant de charge soit du fil, soit de la tige. Au préalable, en employant un faible voltage, on a réglé l'égalité de ces deux courants.

Les courbes qui représentent ces courants sont reproduites dans les figures 2, 3, 4, 5; les figures 2', 3', 4', 5' donnent ces courbes tracées en coordonnées rectangulaires.

Les figures 2 et 2' correspondent à des voltages

qui ne dépassent pas 23 000 volts. Il n'y a pas conduction à travers l'atmosphère du cylindre et les courants de charge du fil et de la tige sont identiques.

Si l'on élève le voltage, une légère déformation

se produit sur la courbe de charge du fil (fig. 3 et 3') correspondant à un petit accroissement du courant au moment où il passe par zéro. Au même instant, l'aigrette devient visible dans l'obscurité

Fig. 2.

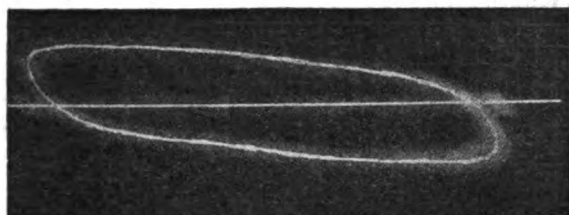


Fig. 3.

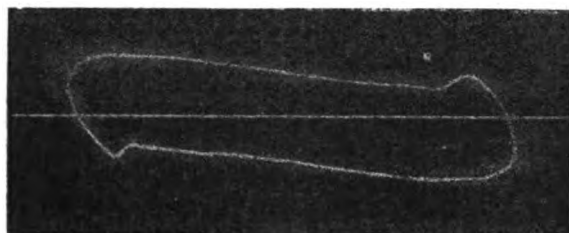


Fig. 4.

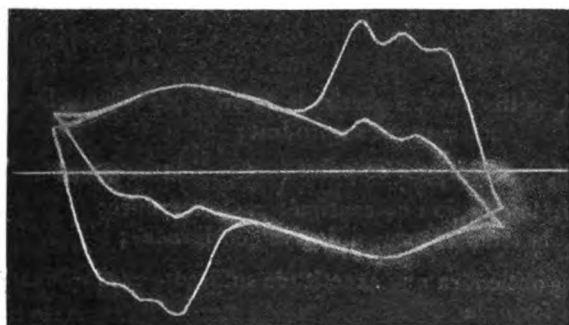


Fig. 2'.

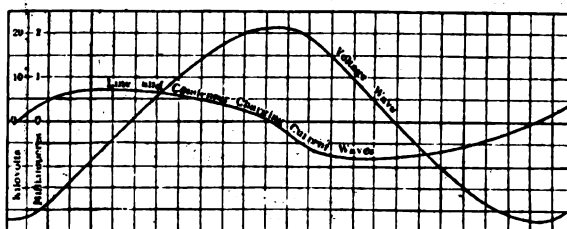


Fig. 3'.

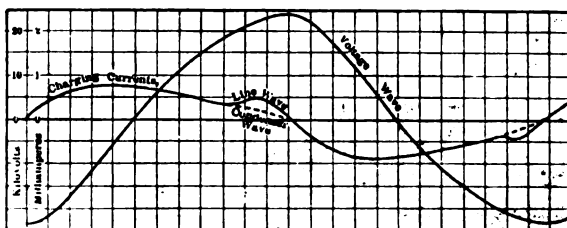
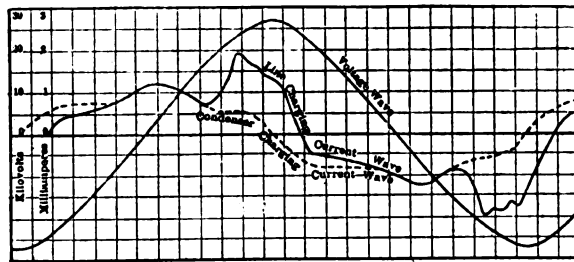


Fig. 4'.



La déformation a lieu seulement pendant l'intervalle où le voltage *instantané* peut produire la décharge disruptive et maintenir l'atmosphère conductrice.

En résumé, le circuit se comporte comme s'il était formé d'une capacité invariable et d'une capacité variable en série avec une très grande résistance. Il s'ensuit qu'un courant, en phase avec la force électromotrice, passe du fil au cylindre et entraîne une dissipation d'énergie sous forme de chaleur.

Une fois la disruption accomplie, un voltage moindre suffit pour entretenir la conduction. Une fois le voltage disruptif atteint, la déformation de-

vient très notable (fig. 4 et 4' obtenues avec 26000 volts). La conduction se maintient pendant une partie du cycle, dans ce cas jusqu'à ce que le voltage soit descendu à 17000 volts environ.

Avec 48000 volts, les courbes du courant dans le fil et dans la tige n'ont plus de partie commune (fig. 5 et 5').

La courbe des forces électromotrices tracée sur les figures s'obtient par l'intégration des courbes du courant de charge dans la tige : on détermine la valeur absolue des maxima au moyen d'un micromètre à étincelles.

Des courbes de force électromotrice et de courant

on déduit la courbe qui représente la puissance dissipée sous forme de chaleur dans l'aigrette (fig. 6).
Le dispositif expérimental permet de déterminer

aisément l'influence du diamètre du conducteur en remplaçant le fil de cuivre par d'autres de grosseur différente.

Fig. 5.

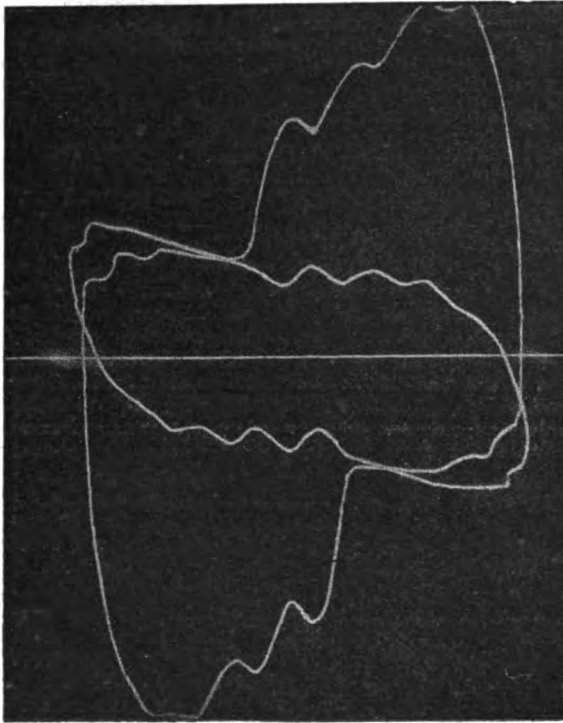
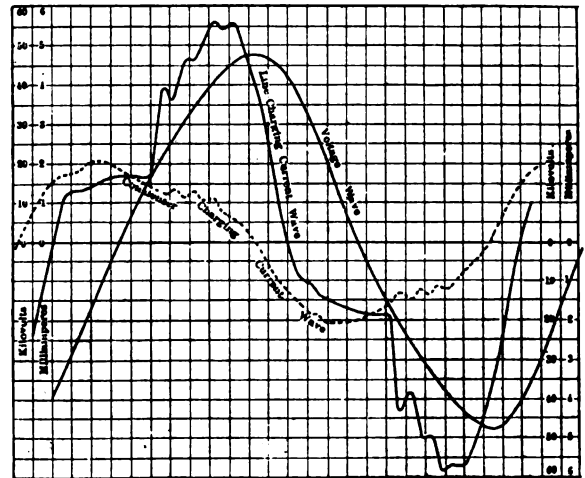


Fig. 5'.



La courbe *Voltage Wave* donne, en kilovolts, la tension appliquée. — Les courbes, en trait plein *Line charging Current Wave* et en trait ponctué *Condenser charging Current Wave*, donnent respectivement l'intensité, en milliampères, du courant dans le fil et dans la tige.

Pour tous les diamètres de fil supérieurs à 0^{cm},63 la première décharge disruptive se produit à une distance constante de la surface du conducteur, distance d'environ 0^{cm},18; le champ correspondant est aussi constant, égal à $27,5 \times 10^{-10} \frac{\text{coul}}{\text{cm}^2}$. Le plus fort diamètre des fils employés a été 1^{cm},48, mais il est probable que la constance signalée se maintiendrait pour des diamètres plus grands. Au-dessous de 0^{cm},63, la distance à laquelle se produit la décharge initiale et le champ correspondant décroissent régulièrement avec le diamètre.

Les courbes de la figure 7 représentent la variation du champ qui provoque la disruptive initiale avec la distance à la surface du conducteur.

Pratiquement, le voltage disruptif varie proportionnellement à la densité de l'air (fig. 8 et 9).

En somme, si l'on désigne par :

E_{max} , le voltage pour lequel se produit la disruptive initiale;

s , l'écartement des conducteurs, en centimètres;

r , le rayon du conducteur;

d , la distance, à partir de la surface, à laquelle la disruptive se produit;

D' , le champ en ce point (en $\frac{\text{coul}}{\text{cm}^2}$);

H , la pression en centimètres de mercure;

t , la température en degrés centigrades;

on obtiendra une exactitude suffisante en employant la formule

$$E_{\text{max}} = \frac{3,92 H}{273 + t} \times 5210 \log_{10} \left(\frac{s}{r} \right) D' (r + d) 10^{-10}.$$

L'effet de l'humidité n'a pu être mesuré exactement, mais est en tout cas très faible.

Pour les conducteurs dont le diamètre dépasse 0^{cm},60, D' et d restant invariables, on peut prendre la formule

$$E_{\text{max}} = \frac{3,92 H}{273 + t} \times 137400 \log_{10} \frac{s}{r} (r + 0,18).$$

Ces équations sont vérifiées aussi dans les expériences de Mershon.

Il est à remarquer que, dans les lignes réelles, la perte se produira d'abord au voisinage des isolateurs

et, par suite, l'apparition de cette perte ne sera pas aussi brusque que dans les expériences de laboratoire décrites ci-dessus.

La forme de la section du conducteur exerce aussi une influence marquée sur le voltage qui provoque la disruptive. Il est à prévoir, et les mesures

Fig. 6.

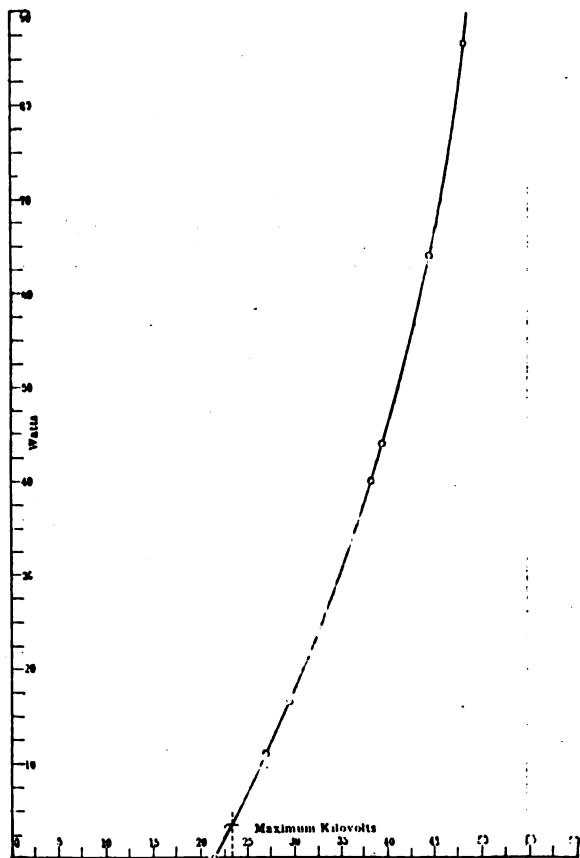
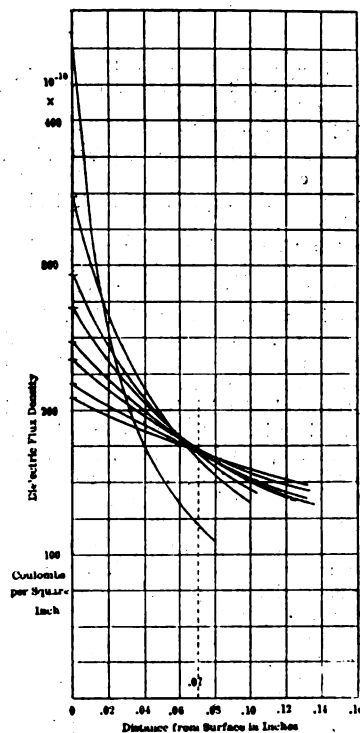


Fig. 7.



ont vérifié, que la section circulaire est la plus propre à éviter les pertes.

D'après ce qui précède, il sera possible de mesurer la force électromotrice maximum d'un courant

Fig. 8.

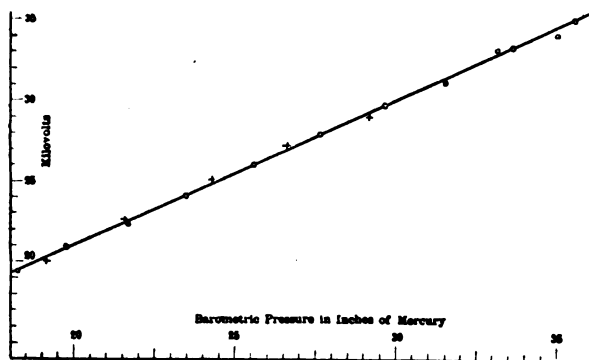
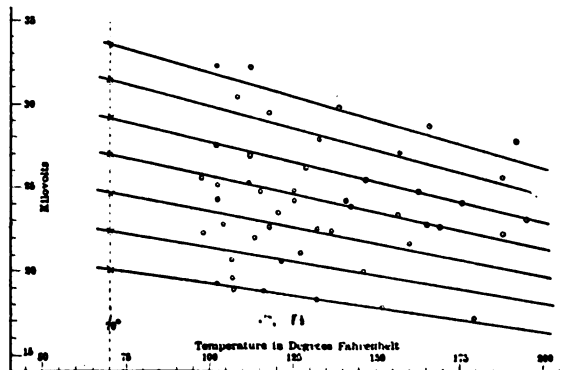


Fig. 9.



alternatif en mesurant la distance à laquelle il faut amener deux fils de diamètre convenable pour que

cette force électromotrice provoque l'apparition de l'aigrette.

M. L.

Description des appareils de protection contre les surtensions actuellement employés dans les réseaux de transport d'énergie, par M. DUSAUGEY (Conférence faite à la séance du 1^{er} février 1905 de la *Société internationale des Électriciens*). — A la suite des essais de M. David (*Revue électrique*, t. II, p. 350, 15 décembre 1904) et sur la proposition de M. Desrozières, M. Dusaugéy a entrepris de rechercher quels moyens emploient actuellement les industriels pour combattre les surtensions.

Le conférencier fait remarquer en premier lieu que les accidents causés par les surtensions sont beaucoup moindres aujourd'hui qu'il y a quelques années. Il faut attribuer cette amélioration non seulement aux parafoudres, mais encore à la meilleure construction des machines et principalement à leur isolement ainsi qu'au meilleur isolement des câbles et des isolateurs.

Les limiteurs de tension et les parafoudres employés actuellement peuvent être classés en deux grandes catégories : les appareils à disruption, dont le fonctionnement est discontinu, et les appareils à conduction, dont le fonctionnement est continu. Les premiers comportent deux armatures métalliques en communication avec la terre et avec la ligne (parafoudres) ou avec les deux pôles (limiteurs de tension). Ces armatures, placées le plus souvent dans l'air, mais quelquefois dans l'huile, sont munies de pointes, sphères ou cylindres entre lesquels éclate l'arc. Ces armatures sont composées le plus souvent d'un alliage cuivre-zinc auquel on ajoute quelquefois de l'antimoine. Connaissant la loi de la distance explosive en fonction de la tension pour les différentes formes d'armatures, on règle la distance de celles-ci pour une surtension déterminée. Pour un parafoudre à cornes dans l'air, on prend une distance de 11^m pour 60000 volts. Dès que la tension dépasse cette valeur limite, la décharge se produit. L'appareil fonctionne donc d'une façon discontinue. Afin d'empêcher le courant des machines de continuer à passer par l'arc ainsi amorcé, on ajoute à l'appareil des dispositifs spéciaux (soufflage naturel ou automatique de l'arc, intercalation dans le circuit d'une résistance sans self : eau, sable, charbon, etc.). Dans certains cas, on subdivise l'arc.

Les appareils à fonctionnement continu se composent d'une résistance élevée placée directement entre la ligne et la terre (parafoudre) ou entre les deux pôles (limiteur de tension). Cette résistance est très souvent constituée par une colonne d'eau. M. Dusaugéy décrit dans cette catégorie un appareil américain très original. Il comprend une série de cornes placées en tension, la distance entre chaque corne étant réglée de telle façon que, pour la tension normale du réseau, une série d'arcs s'établisse consommant ainsi une intensité faible. En outre, sous chacune des paires de cornes, on dispose un petit tube de dégagement d'air comprimé. En faisant le courant d'air plus ou moins violent, on allonge plus ou moins les arcs et l'on fait varier l'intensité absorbée.

Le conférencier passe ensuite en revue les parafoudres et limiteurs de tension employés par les différentes sociétés d'électricité : — La Société électrique du Littoral méditerranéen emploie des parafoudres à fonctionnement discontinu à intervalles multiples. Ces appareils sont placés dans les usines et les postes de transformation. De plus, on place un limiteur de tension entre la ligne aérienne et la ligne souterraine; celui-ci est à fonctionnement dans l'huile, ce qui donne une résistance plus grande et une distance disruptive plus faible que dans les parafoudres. — La Société d'énergie électrique de Grenoble et Voiron fait usage de parafoudres à cornes avec résistance ohmique; les limiteurs de tension sont du même modèle. — La Société hydro-électrique de Vizille emploie un limiteur discontinu et un parafoudre à cornes. Le limiteur comprend trois tubes en grès de 2^m,5 de longueur et 0^m,15 de diamètre communiquant à

un tuyau collecteur en fonte de 0^m,20 de diamètre. Le courant d'eau arrive par le bas et déborde en un jet à la partie supérieure reliée aux trois conducteurs. L'appareil consomme 5 kilowatts (0,3 ampère par colonne). Depuis l'adoption de ce limiteur, la Société n'a plus eu aucun accident. — Le limiteur du réseau électrique de Chèvres-Genève est semblable au précédent, mais il n'y a que deux tubes en verre. — La Compagnie vaudoise des forces motrices de Joux se sert également de parafoudres à résistance liquide. Deux réservoirs reliés à la terre communiquent à un réservoir intermédiaire relié à la ligne. — Le limiteur de la Société du Fiers est aussi à fonctionnement continu et à circulation d'eau. — Dans les parafoudres de la Société d'applications industrielles, la mise à la terre se fait par l'intermédiaire de trois jets d'eau.

M. Dusaugéy résume comme suit les meilleures conditions à réaliser dans les transmissions à distance. La ligne doit être très bien isolée et offrir un coefficient de sécurité suffisant. Les dispositifs de sécurité entre la ligne et les machines doivent être placés dans l'ordre suivant : 1^o un parafoudre avec contact à la terre, sans résistance, calculé pour des tensions cinq à six fois supérieures à celle du réseau. Ce parafoudre est destiné à parer aux coups de foudre et à protéger les limiteurs; 2^o un parafoudre discontinu à un ou plusieurs intervalles, avec résistance sur le circuit de terre. Cette résistance ohmique varie avec l'appareil employé. Dans ce deuxième parafoudre, l'arc doit s'amorcer à une tension égale à une fois et demie à deux fois la tension normale; 3^o un limiteur de tension continu, à courant d'eau, laissant passer normalement 0,2 à 0,5 ampère, mais pouvant laisser passer davantage (1 ampère) par réglage du courant d'eau. Viennent ensuite les interrupteurs du réseau et un limiteur de tension discontinu, entre phases, devant fonctionner à une tension de une fois et demie à deux fois la tension normale. La résistance de ce limiteur doit être telle que le courant passant soit de 0,1 à 0,2 ampère. Enfin, en avant des machines, on dispose les bobines de self-induction.

La question de savoir s'il vaut mieux mettre à la terre les supports des différents appareils ou, au contraire, les bien isoler n'est pas résolue. En réalité, les accidents ne paraissent pas plus fréquents dans un cas que dans l'autre. Les lignes doivent être montées sur des isolateurs robustes capables de supporter trois à quatre fois la tension normale.

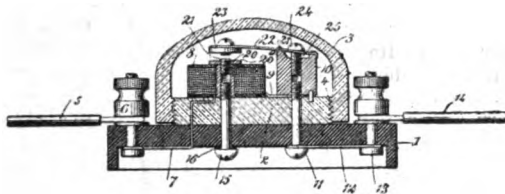
Des postes supplémentaires de parafoudres doivent être placés aux endroits de la ligne qui sont frappés particulièrement. Au passage d'une ligne aérienne à une ligne souterraine, on doit disposer un parafoudre, puis un limiteur de tension. Viennent ensuite l'interrupteur, une bobine de self et, enfin, le câble souterrain.

M. Desrozières, qui préside la séance, pose quelques questions au conférencier. Il demande, notamment, des renseignements sur les cohérences de M. Thury. M. Dusaugéy répond qu'il n'a pu avoir de renseignements précis sur ces appareils. Il sait seulement que ce sont des appareils à fonctionnement continu comportant une résistance en poudre (probablement un mélange de graphite et de magnésie ou d'alumine).
L. J.

Parafoudre J.-E. Cordovez (*Brevet français*, n° 330 191, du 12 mars 1903). — Le parafoudre Cordovez est en quelque sorte un limiteur de tension. Un aimant, en attirant une armature, établit une communication de la ligne avec le sol de manière à diriger vers le sol toute charge nuisible. — La ligne (*fig. 1*) est interrompue en 5-14 par le parafoudre, le courant de ligne 5 traverse l'électro 8, passe par la pièce métallique 10 et rejoint la ligne 14. — La vis 15 qui sert à fixer l'électro est reliée par un fil 16 à la borne 17 communiquant avec le sol (*fig. 2*). — L'armature 23 de l'électro est fixée

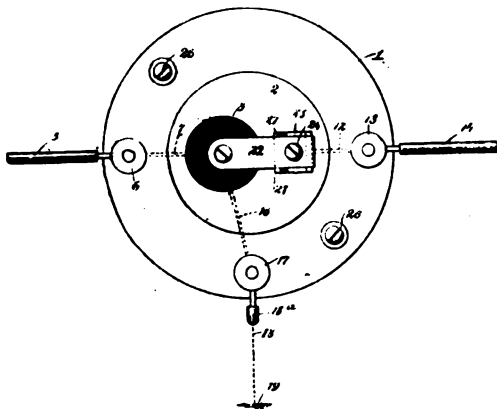
à un ressort en cuivre 22, serré sur la pièce 10. La vis 24, en serrant contre la butée 27, règle la position d'équilibre de

Fig. 1.



l'armature et, par suite, la sensibilité du système. — Si la foudre frappe la ligne ou si les influences atmosphériques

Fig. 2.



augmentent la tension de la ligne, l'armature s'abaisse et relie le circuit au sol permettant ainsi à l'excès d'électricité de s'échapper. G.

Transmission d'énergie à 60000 volts, de Guanajuato, Mexique (*Génie civil*, t. XLVI, p. 224-227, 4 février). — Cette installation est intéressante non seulement par la valeur élevée du potentiel de transmission, nécessitée par la grande longueur de la ligne (162^{km}), mais encore par l'emploi de grandes portées (134^m et même 400^m) pour le montage des câbles qui sont formés de 19 fils toronnés et sont supportés par des pylones métalliques de 12^m et 18^m de hauteur. — L'eau est prise sur la rivière Duero, formée par la réunion des rivières Camecuaro et Chilchota, la première à régime très constant, la seconde à régime torrentiel; un canal d'amenée de 6550^m de long la conduit dans un bassin de décantation; une conduite forcée, en acier, de 1010^m de long, formée de tronçons de 8^m,50 dont les diamètres intérieurs vont en diminuant de 175^{cm} à 145^{cm} et dont les épaisseurs croissent de 8^{mm} à 15^{mm},8, amènent cette eau à l'usine sous une pression de 9,66 kg : cm². — L'usine contient deux groupes électrogènes d'une puissance individuelle de 1250 kilowatts, constitués chacun par deux turbines genre Pelton disposées de chaque côté d'un alternateur triphasé, 2300 volts, 60 périodes, 200 t : m. Des transformateurs permettent d'élever la tension à 40000, 50000 et 60000 volts. Trois séries de parafoudres sont disposées dans l'usine avant la sortie des conducteurs. — Les câbles, formés comme nous l'avons dit de 19 fils, ont une section de 9^{mm},5 équivalant à la section d'un conducteur plein de 7^{mm},3 de diamètre; ils sont montés sur des isolateurs à triple cloche résistant à 120000 volts pendant 5 minutes et disposés sur les pylones de manière à former les sommets

d'un triangle équilatéral de 2^m de côté. Les pylones ont généralement 12^m de hauteur, pèsent 700^{kg} et sont écartés de 134^m; au voisinage de Guanajuato la nature du terrain a nécessité l'emploi de pylones de 18^m avec portée de 400^m. La ligne est divisée en quatre sections et à chacune des trois limites de divisions est un magasin, où se trouvent montés des interrupteurs à 60000 volts et où se tiennent un contre-maitre et un surveillant. — Deux sous-stations sont établies à Guanajuato et à Irapuato, villes et centres miniers importants de la région; le potentiel est d'abord abaissé à 15000 volts; pour la distribution dans les mines, il est encore abaissé à 400 volts; l'éclairage de Guanajuato se fait par courants diphasés à 2100 volts.

BREVETS RÉCENTS.

Canalisations : Conducteurs : HEANY. USAP. 775274, 4 fév. 1904 (conducteur isolé). — MATHE (de la). BF. 346519, 5 sept. 1904 (conducteurs électriques). — REA et REINDORF. BP. 27446, 1903 (lignes aériennes). — SCHLIEFENBAUM. USAP. 772380, 21 sept. 1903 (câble armé). — SIEMENS-SCHUCKERT. BP. 14568, 1904 (câbles pour hautes tensions). — WELLER. BP. 17236, 1904 (conducteur électrique). — **Conduites, supports et isolants** : BETTMANN et ZAPP. BP. 20791, 1904 (support de conducteur électrique). — BRONSON. USAP. 773710, 17 av. 1903 (suspension pour câbles). — FAIRBANKS. USAP. 775812, 8 sept. 1904 (support pour isolateur). — GEST. USAP. 774318, 12 juil. 1902 (trou d'homme pour conduite électrique). — GREENE. USAP. 773733, 10 nov. 1903 (isolateur). — KITSEE. BP. 18021, 1904 (isolant). — LOCKE. USAP. 776789, 16 nov. 1903 (isolateur). — MACK. USAP. 774525, 23 av. 1904 (machine parcourant les conduites). — OAKMAN. USAP. 775986, 7 nov. 1903 (isolateur). — ROSEN. DRP. 157368, 23 juil. 1903 (cloche isolante pour conducteurs). — SCHWARTZ et WARD. USAP. 776695, 10 av. 1903 (crochet de suspension pour conducteurs électriques). — WATERHOUSE et SIMPLEX. BP. 28632, 1903 (conduit métallique). — **Connexions, fixation, joints** : BENEDIKT et MACET. BP. 461, 1904 (fixation de fils à des isolants). — HUBBELL. USAP. 774251, 27 mai 1904 (fiche de connexion amovible). — KITCHEL. DRP. 157277, 19 juil. 1903 (fixation de conducteurs aux isolateurs). — LEE. BP. 7247, 1904 (scellement des extrémités d'un conducteur isolé). — RUFFIER. BF. 346204, 13 sept. 1904 (attache-fil électrique). — RUSSELE. USAP. 774202, 7 janv. 1904 (connexion électrique). — SOCIÉTÉ LE CARBONE. DRP. 157525, 19 juin 1903 (fixation de conducteurs à des blocs de charbon). — SUTTON et GREGSON. BP. 786, 1904 (joints).

Commuteurs : BABCOCK. BP. 6716, 1904. — BADEAU. USAP. 772914 et 771222, 16 sept. 1901 et 1^{er} juin 1903. — BERTY (Mac). USAP. 776413, 9 mai 1902. — BOSSERT. USAP. 773626, 7 mars 1904. — BROWN. USAP. 771858, 17 janv. 1904. — CAMERON. USAP. 776998, 14 juin 1904. — CROWTHER et HORSFALL. BP. 28453, 1903. — DUNN. BP. 9874, 1904. — GALE. USAP. 771239, 8 fév. 1904. — GENERAL ELECTRIC Co. BP. 25855, 1903. — HANSON. BP. 15077, 1903. — HUNTER et WARREN. BP. 20278, 1904. — KELLOG et SUPPLY Co. BP. 22440^e, 1903. — KINGSLAND. USAP. 776849, 7 mars 1904. — KRAMER (von). DRP. 157177, 19 déc. 1903. — LA HAR. USAP. 776855, 30 juil. 1904. — PARSONS. USAP. 775933, 23 fév. 1904. — POUNSFORD AND LOVE. BP. 11405, 1904. — REIST. USAP. 771269, 26 mars 1903. — SOCIÉTÉ VOIGT et HAFNER. DRP. 157519, 22 déc. 1903. — SPRAGUE. USAP. 774611, 7 juil. 1900. — STEVENS. BP. 11857, 1904. — TOMLINSON et LOMAX. BP. 23608, 1903. — TORDA. DRP. 157180. — WATERMAN. USAP. 775016, 9 mars 1903. — WHITE. USAP. 773836, 23 av. 1904. — WILSON. BP. 7215, 1904.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Grue roulante et pivotante des ateliers Thomson-Houston (*Revue industrielle*, t. XXXVI, p. 34, 22 janvier). — Cette grue présente, au point de vue électrique, l'intérêt d'être commandée par un moteur à courant alternatif simple; elle est, en effet, installée à Levallois-Perret, sur le quai

Michelet, au débarcadère de M. Mutelle, entrepreneur de débarquement et est alimentée par le courant alternatif simple, 210 volts, 53 périodes, du réseau de l'Ouest-Lumière. C'est la seconde application faite à Paris par les ateliers Thomson-Houston des moteurs monophasés Latour aux appareils de levage, la première ayant été faite dans le courant de l'année dernière à la manœuvre d'un portique roulant installé sur le

Fig. 1. — Vue de profil.

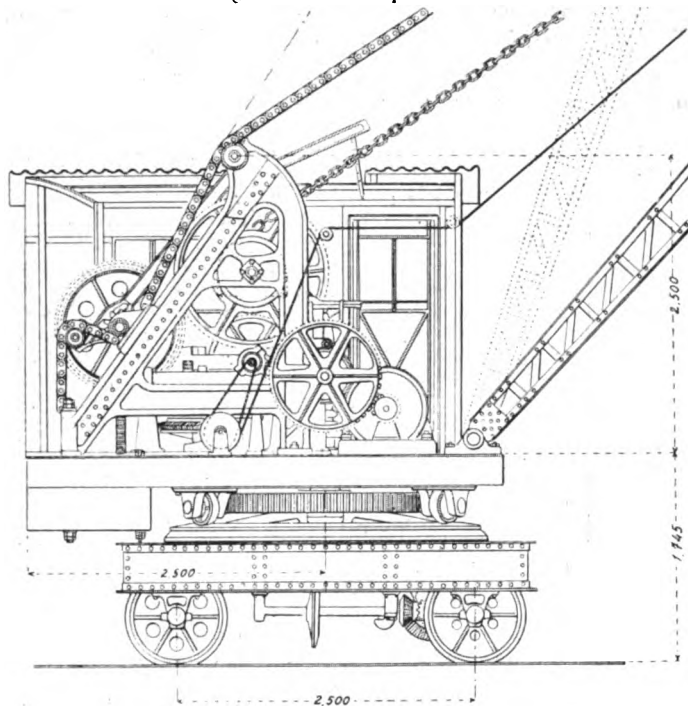


Fig. 2. — Vue de face.

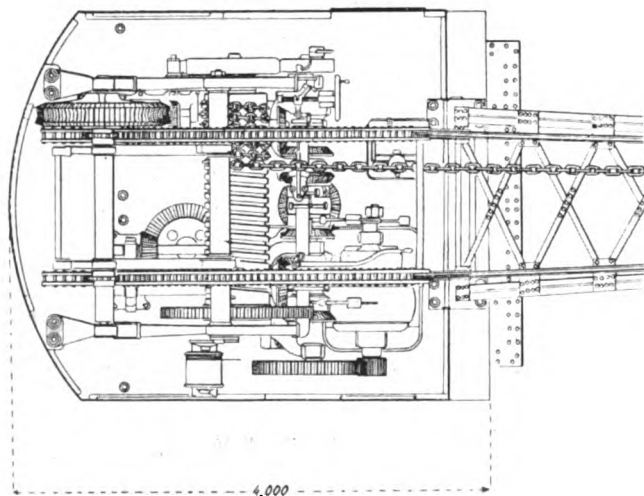
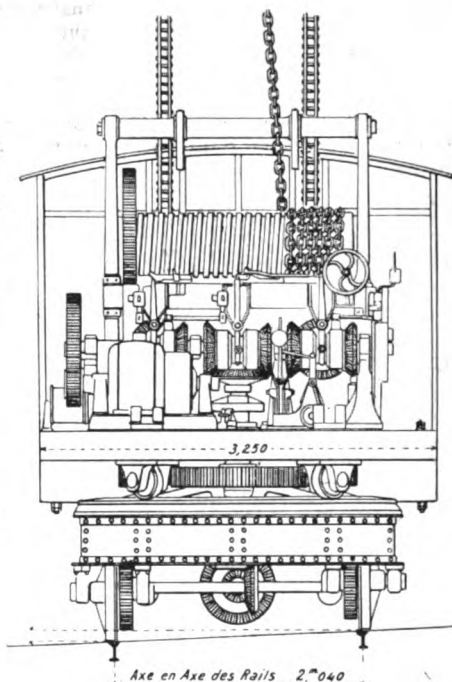


Fig. 3. — Vue en plan de la plate-forme tournante.

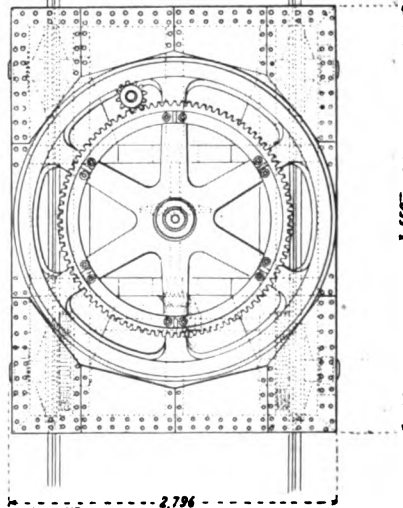


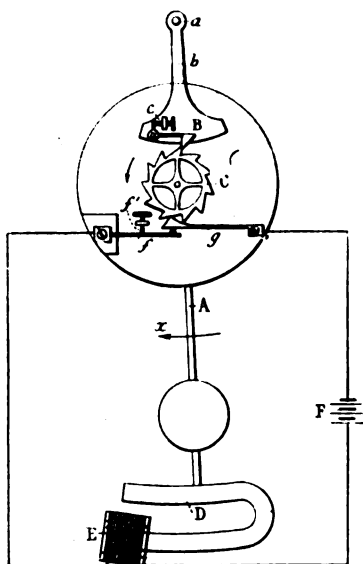
Fig. 4. — Vue en plan du truck.

quai d'Orsay et alimenté par le courant alternatif du secteur de la Rive-Gauche. — Les figures ci-jointes permettent de se rendre compte des dispositions mécaniques de cette grue. Sa charge utile est de 2500^{kg}, et aux essais, elle a pu être portée à 3300^{kg}; sa portée maximum atteint 11^m,50 et sa portée mi-

nimum 7^m; la vitesse de levage est de 18 m : min. sous charge de 2500^{kg} et de 30 m : min. sous charge de 1500^{kg}; celle de translation de l'ensemble de la grue, de 25 m : min.; la vitesse d'orientation de la flèche de 2 t : m; enfin, la durée du relevage de la flèche à vide est de 40 secondes. — Nous

n'avons pas à insister ici sur les très dures conditions de fonctionnement que devait remplir cette grue, comme d'ailleurs tous les appareils de levage; disons seulement que toutes ces conditions ont été remplies par les constructeurs ainsi que l'ont montré les essais de réception. L'un de ces essais comprenait l'exécution, dans un intervalle de 2 heures au plus, de 120 opérations consistant chacune dans les manœuvres successives suivantes : levage à 10^m de hauteur d'une charge de 2500^{kg}, orientation à 180° et descente avec portée de 10^m; la consommation d'énergie dans ces conditions ne devait pas dépasser 24 kw.-h. Ajoutons que la manœuvre est particulièrement simple; elle se réduit à celle de deux leviers, l'un, situé à gauche du mécanicien, commandant le rhéostat de mise en marche du moteur (qui tourne toujours dans le même sens), le mécanisme de levage et les freins, l'autre, situé à droite et commandant l'embrayage des cônes du mécanisme d'orientation.

Horloge électrique à échappement libre, par CH. FÉRY (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 263, 23 janvier 1905). — Cette horloge se compose d'un balancier moteur AD qui fait progresser d'une dent, à chaque oscillation complète, la roue d'échappement C d'une minuterie ordinaire. Lorsque le pendule oscille dans le sens de la flèche *x*, le rochet B, porté par une fourchette *b*, ou fixé directement à la tige du pendule, fait avancer la dent avec laquelle il est en prise; ce mouvement est terminé et limité par le ressort sautoir *g*. Ce dernier ressort est disposé de manière à produire la restitution,



en lançant dans la bobine E le courant de la pile F. La durée du contact est réglée par une vis *f'* qui commande le ressort *f*, et le courant de la pile circule dans la bobine de manière à produire l'attraction de l'aimant D constituant une partie de la masse pendulaire. Au retour, c'est-à-dire lorsque le balancier se déplace en sens inverse de la flèche *x*, le rochet B est simplement soulevé, la roue d'échappement étant maintenue en place par le sautoir *g*. — Ce genre d'échappement permet un réglage très parfait de l'horloge : les variations diurnes d'une horloge à demi-seconde sont inférieures à 0,3. — La quantité d'énergie requise pour l'entretien des oscillations du pendule est extrêmement faible, elle est inférieure à 0,5 watt-heure par an. Cette faible consommation provient de ce que l'ensemble de la bobine et de l'aimant constitue un moteur électrique dont le rendement, malgré sa faible puissance (2 à 3 g.-mm par sec.) est très bon (70 pour 100).

Comparaison entre l'eau sous pression et l'électricité pour la manœuvre des installations des ports (*Bull. Soc. belge des Élect.*, janvier). — En raison de l'importance des travaux à exécuter à Terneuzen, une commission néerlandaise-belge a été nommée en vue de rechercher sous quelle forme l'énergie nécessaire devait être transmise. Cette Commission effectua quatre voyages afin de visiter les installations hydrauliques d'Anvers, Amsterdam, Rotterdam, Hambourg, Cardiff, Dunkerque, Calais, Le Havre, du canal de la Baltique à la mer du Nord, de l'écluse des Poses (France), ainsi que les installations électriques de Rotterdam, Ymuiden, Heyst, du canal de Dortmund à l'Ems; les *Annales des Travaux publics* de Belgique ont récemment publié intégralement le rapport de cette commission; voici un résumé de ses conclusions, d'autant plus intéressantes qu'elles résultent d'une étude minutieuse et impartiale des deux modes de transmission de l'énergie aujourd'hui en usage. — Le système hydraulique présente les avantages suivants : garanties presque absolues de bon fonctionnement presque immédiat en raison de l'expérience acquise dans l'application relativement ancienne de ce système; simplicité et solidité des organes des mécanismes, simplicité des manœuvres; inutilité de précautions contre l'éventualité d'une submersion des mécanismes par un coup de marée; frais de premier établissement de la station centrale et des moteurs moins élevés que dans le système électrique. — Les avantages de ce dernier système sont : facilité d'établissement des canalisations, dont le passage sous l'eau n'offre pas d'inconvénients; dimensions réduites de ces conducteurs eu égard à la quantité d'énergie transmise; frais d'installation et d'entretien des conducteurs peu élevés en comparaison de ceux qu'exigent les conduites d'eau sous pression; possibilité de desservir dans des conditions économiques des engins dont le fonctionnement n'est que temporaire; affranchissement de toute sujétion résultant de la gelée; bon rendement des moteurs à toutes charges, à l'inverse de ce qui a lieu pour les moteurs hydrauliques où la dépense d'énergie sous forme d'eau consommée est la même à toutes les charges; souplesse des moteurs électriques à vaincre des surcharges momentanées; grand couple de démarrage de ces moteurs; possibilité de la mise en réserve de l'énergie au moyen d'accumulateurs et, comme conséquence, diminution de l'importance de la puissance des unités génératrices; enfin possibilité de l'utilisation de la même forme de l'énergie pour l'éclairage et pour la force motrice. — Les avantages du système électrique ont paru à la commission l'emporter sur ceux du système hydraulique pour les installations de Terneuzen et c'est là la conclusion finale de son rapport.

BREVETS RÉCENTS.

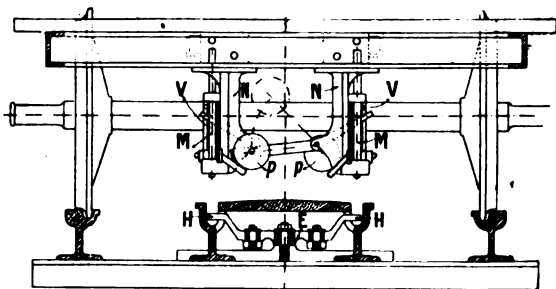
Signaux : BOWELL. USAP. 777067, 7 juillet 1902 (avertisseur automatique d'incendie). — CABOT. USAP. 775390, 23 mars 1904 (signaux électriques). — EATON. USAP. 777612, 18 mai 1904 (avertisseur de danger automatique dans la manœuvre des grilles). — HASLINGER. USAP. 777506, 30 avril 1904 (signal thermo-électrique pour les fuites de gaz). — HERMAN. USAP. 778037, 21 nov. 1903 (signal). — HERNICKE. BP. 19265, 1904 (avertisseur). — KAVANAUGH. USAP. 777344, 18 fév. 1904 (avertisseur contre le vol). — PICKENS et ROSS. USAP. 777535, 8 août 1904 (avertisseur contre le vol). — PINCHING et WALTON. BP. 20105, 1904 (signaux). — PLATO. BP. 660, 1904 (sonnette d'alarme). — SILVENE. USAP. 777353, 19 mai 1904 (signal pour block-système). — SOUDER. USAP. 777555, 28 juillet 1903 (signal). — SPANG. USAP. 775461, 19 janv. 1903 (signaux électriques). — STURGEON. BP. 984, 1904 (avertisseur). — TUNSTALL. BP. 18980, 1903 (signaux électriques).

TRACTION.

Dispositif de sûreté pour perche de trôlet (*Electrical Review*, Londres, t. LV, p. 1066, 30 déc.). — Lorsque, par suite de déraillement, la roue d'un trôlet quitte le conducteur d'alimentation, la perche se relève et souvent brise les fils transversaux qui soutiennent le conducteur. On cherche évidemment à éviter cet inconvénient en assujettissant solidement l'extrémité inférieure de la corde de manœuvre fixée à la perche, ne laissant à cette corde que le mou nécessaire pour permettre à la roue de suivre les sinuosités que présente généralement le conducteur d'alimentation; mais, le plus souvent, cette précaution est illusoire, car la corde casse sous l'effort brusque provoqué par l'arrêt du mouvement d'ascension de la perche. Divers dispositifs ont été imaginés pour empêcher la corde de se rompre. L'un d'eux consiste à enrouler l'extrémité inférieure de cette corde sur une poulie dont l'axe est muni d'un ressort tendant à abaisser la perche; mais, si ce dispositif empêche la perche de se relever complètement, il lui permet cependant de s'élever assez pour qu'elle vienne encore rencontrer les fils transversaux. Le dispositif que signale notre confrère anglais, et adopté sur les tramways de Tilsitt, est beaucoup plus simple et plus robuste, tout en paraissant plus efficace. L'extrémité libre de la corde est attachée, avec le mou indispensable, à un disque de fonte dont le poids est un peu supérieur à la force avec laquelle la roue du trôlet est appliquée sur le conducteur: par exemple, si cette force de pression est de 10^{kg}, le poids du disque sera de 11^{kg}. Ce disque repose librement sur une cheville verticale fixée au châssis de la voiture, et est, en outre, attaché au support de cette cheville par une courte chaîne dont la longueur est tout juste suffisante pour permettre de dégager le disque de la cheville. Lorsque la roue de trôlet dérape, la perche s'élève, la corde se tend et le disque se trouve soulevé jusqu'à ce que la chaîne qui le maintient se trouve tendue; le mouvement d'ascension de la perche, déjà fortement amorti par le soulèvement du disque, se trouve alors complètement arrêté, et, sous l'action du poids du disque, la perche redescend.

Déviateur mécanique commandé de la voiture pour l'aiguillage des tramways, par CHESÉ CÉSARE (*L'Elettricista*, t. XIII, p. 145, 15 mai 1904). — L'aiguille est reliée à un système de leviers commandé par un balancier E

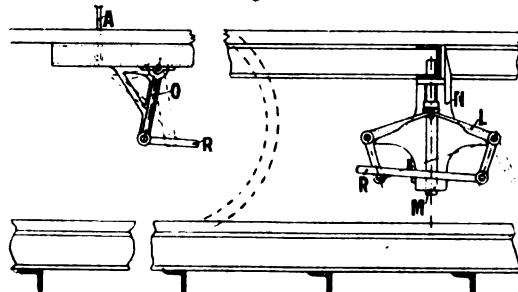
Fig. 1.



et placé sous la voie. Ce balancier est à axe vertical; les deux bras à demi-distance des extrémités sont reliés par articulation aux deux tiges de commande de l'aiguille. Les extrémités H des bras du balancier traversent deux rainures parallèles aux rails et dans lesquelles peuvent venir s'engager des tiges verticales M dépendant de la voiture et servant de butée et qui sont commandées par un système articulé LRO relié à deux pédales A placées sur la plate-forme de la voiture. — Le wattman peut ainsi faire descendre soit la tige de droite, soit celle de gauche, en appuyant sur la pédale correspondante. Cette manœuvre fait déplacer le balancier

de l'aiguillage dans un sens ou dans l'autre. A la sortie de

Fig. 2.



l'aiguille, la butée est ramenée à sa position de repos et tout le système reprend sa place initiale G.

BREVETS RÉCENTS.

Conducteur et voie: VERZAT. BP. 342091, 10 mai 1904 (câbles tracteurs et transmetteurs). — **Ligne à trôlet**: KANDO (DE). USAP. 771875, 14 oct. 1903 (ligne aérienne pour trôlet). — SPILLER. USAP. 772298, 2 fév. 1904 (suspension pour fil de trôlet). — **Ligne à troisième rail**: BUCKLEY. USAP. 770158, 28 av. 1904 (plaque de garde pour troisième rail). — CHASE. USAP. 770737, 17 mars 1904 (troisième rail pour chemin de fer électrique). — DUNBAR. USAP. 770960, 6 nov. 1903 (isolateur pour troisième rail). — GUEST. USAP. 769862, 12 déc. 1903 (protecteur pour troisième rail). — STEINBERGER. USAP. 774001, 15 mars 1904 (isolateur pour troisième rail). — STEWART. USAP. 771334, 31 mai 1902 (isolateur pour troisième rail). — **Joints**: BULLOWS. USAP. 778002, 29 août 1903 (joint conducteur). — LEEBOW. USAP. 772107, 6 août 1904. — OAKLEY. USAP. 772172, 2 janv. 1903 (joint en fil de cuivre souple). — THOMAS. USAP. 772188 et 772189, 26 et 19 mars 1903 (joint et mode d'attache des joints). — WEBER. USAP. 775322, 27 janvier 1904 (joint de rail isolé).

Prises de courant: **Trôlet**: BRITISH THOMSON-HOUSTON COMPANY. BP. 25854, 1903. — CARNEGIE et BEEVERS. BP. 2397, 1904. — EUPHRAT. USAP. 777616, 13 avril 1904. — JAMES et WEST. BP. 21648, 1904. — MACEDO (DE). BP. 26513, 1903. — PRENTIS. USAP. 777304, 23 fév. 1904. — SPANGLER. USAP. 776954, 14 fév. 1903. — THOMSON. BP. 2243, 1904. — YOUNG. USAP. 777581, 26 août 1904. — **Divers**: DORSKY. USAP. 778017, 24 mai 1904 (protecteur pour trôlet). — FURNISS. USAP. 776735, 7 sept. 1904 (support pour fil de trôlet). — GRIFFITHS et BEDELL. BP. 25970, 1903 (collecteur de courant). — MORGAN. USAP. 777124, 28 juillet 1904 (propulsion par courant magnétique). — MUDIE. BP. 1624, 1904 (protecteur pour trôlet). — NORTH. USAP. 777912, 6 mai 1904 (croisement pour trôlet). — PARSONS. USAP. 776682, 20 fév. 1902 (charrue électrique). — RUDDICK. USAP. 776803, 28 mars 1904 (aiguille commandée par le trôlet). — SULLIVAN. USAP. 777049, 19 avril 1904 (protecteur pour roue de trôlet). — WALDO. USAP. 777164, 19 oct. 1903 (commutateur solidaire de la ligne de travail et commandé par le trôlet). — WATSON. USAP. 777052, 26 fév. 1904 (protecteur pour trôlet). — ZIMMERMANN. USAP. 777468, 16 sept. 1904 (support pour fil de trôlet).

Mise en marche et régulation: DURKIN. USAP. 776895, 15 oct. 1904 (combinateur). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 26465, 1903; 821, 1958, 2452, 2453 et 2455, 1904 (combinateur). — LASCHE. USAP. 777034 4 nov. 1901 (combinateur). — MACLOSIE. USAP. 777118, 21 mars 1903 (interrupteur). — THOMSON-HOUSTON. BP. 27893, 1903 (combinateur).

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Recherches et expériences de téléphonie par ondes hertziennes, par Q. MAJORANA (*Rendiconti dei Lincei*, juillet 1904).

L'auteur fait d'abord observer qu'il n'est pas nécessaire, pour la téléphonie sans fil, de produire des ondes électromagnétiques persistantes de longueur comparable à celles adoptées en Télégraphie sans fil.

Le principe de ses recherches, déjà signalées dans *La Revue électrique* du 30 septembre (t. II, p. 320) est le suivant :

Entre les boules d'un excitateur éclatent une série ininterrompue d'étincelles; une des boules est reliée au sol, l'autre à l'antenne réalisant une station Marconi du type le plus simple. A distance, un détecteur magnétique permet d'écouter la rapide succession des étincelles avec toutes ses particularités. Si l'on augmente la production d'étincelles à la station transmettrice, on finit par percevoir au révélateur un son correspondant à la fréquence de ces étincelles.

Ainsi, en employant un diapason électromagnétique relié, sur le trajet de l'étincelle de rupture, à l'antenne, d'une part, et à la terre, d'autre part, on perçoit au récepteur l'exacte reproduction du son du diapason.

Supposons que l'on dispose d'un oscillateur fournissant 10000 étincelles par seconde et que l'on puisse faire varier l'intensité ou la différence de potentiel propre de chaque étincelle, par exemple, en rapprochant ou écartant les boules de l'excitateur sans changer le nombre d'étincelles par seconde. Le mouvement pourrait être produit par une vibration sonore attaquant un levier relié à l'une des boules. L'antenne, sous l'action des décharges, irradiera de l'énergie qui aura même période que le son précédent. Le détecteur reproduira ce son et l'on sera conduit à considérer comme possible la transmission de la parole.

Il convient donc de produire une rapide succession d'étincelles et d'en *moduler*, pour ainsi dire, l'intensité ou quelque autre caractère de façon que l'énergie irradiée oscille avec même période et même amplitude que les sons variables et compliqués à transmettre.

Différents procédés, que l'auteur passe en revue, permettent d'obtenir une succession très rapide d'étincelles ⁽¹⁾.

(1) 1° Une machine statique à 38 disques capable de fournir une notable quantité d'électricité est mise en communication avec l'excitateur dont les boules de 1^{cm} de diamètre sont à 2^{mm} de distance. L'antenne s'élève à 10^m au-dessus de l'édifice. La fréquence maxima possible est $\frac{1}{100}$, de seconde.
2° Une bobine de 15^{cm} d'étincelle est munie d'un inter-

Utilisant un de ces procédés ⁽¹⁾, il remplace l'un des bras de l'excitateur par un conducteur capable de vibrer avec amplitude notable. Si ce bras est relié à un levier mù par une membrane vibrante, on peut transmettre le son d'un tuyau d'orgue.

Cette méthode n'est d'ailleurs pas la seule qui puisse être utilisée. La lumière ultra-violette de l'arc électrique peut être employée, car on sait qu'elle agit sur la fréquence de l'étincelle. Mais l'action est faible et les résultats peu nets. Il en est de même si l'on place une flamme manométrique sur le trajet de l'étincelle.

Si l'on a recours aux procédés les plus puissants, permettant d'atteindre 10000 étincelles par seconde, grâce à l'action d'un souffle puissant sur le trajet de l'étincelle, on peut modifier celle-ci en agissant sur le jet d'air. Aussi, si le jet gazeux est interrompu périodiquement de manière à rendre un son, comme une sirène, le son est répété au détecteur. On peut même superposer des périodes vibratoires et transmettre un accord de quatre sons.

L'auteur a pu faire vibrer le jet sous l'action d'une membrane vibrante et transmettre des accords; mais il n'a pu réussir à transmettre ainsi la parole.

Le défaut de cette méthode consiste en ce fait que les étincelles subissent l'action intermittente du jet mais ne suivent pas les passages intermédiaires d'intensité, car elles ne sont oscillatoires qu'à partir d'une certaine force du jet; au-dessous, elles se fondent irrégulièrement. Si l'on rend le jet pulsa-

rupteur spécial à mercure dans lequel le liquide est, par force centrifuge, lancé au moyen d'un bras tournant sur une surface horizontale sur laquelle sont fixés 40 récipients de verre traversés au fond par des conducteurs qui les relient. On atteint 4000 interruptions par seconde.

3° La même bobine avec un Wehnelt à diaphragme de porcelaine et trou de 0^{mm},6 donne également 3000 à 4000 étincelles, mais leur longueur descend au-dessous de 1^{mm} par la capacité de l'antenne de la terre.

4° Le primaire d'une bobine de 40^{cm} d'étincelle est alimenté par du courant à 50 volts 40 périodes; pour une intensité supérieure à 8 amp. et une distance d'étincelle de 3^{mm}, on a une série d'étincelles répétant d'une manière marquée le son du courant alternatif; pour chaque période on a plusieurs étincelles.

Au delà de 8 amp. les étincelles se fondent et l'on ne peut plus les séparer au miroir tournant à cause de la chaleur dégagée qui maintient l'air conducteur. On arrive à les séparer en soufflant violemment sur l'excitateur. A 25 amp., on obtient plus de 100 étincelles par demi-période; au passage de chaque demi-période à la suivante, il y a interruption du phénomène lumineux. On entend à peine au voisinage le son du courant alternatif, mais très nettement un sifflement dont la hauteur correspond au nombre des décharges, environ 10000 par seconde.

Cette dernière méthode est celle qui a donné les meilleurs résultats à cause de l'intensité de l'énergie, mais la présence de la période du courant gêne un peu.

(1) Les trois premiers procédés de la note précédente sont seuls applicables dans ce cas.

toire de telle sorte que le minimum de pression reste toujours supérieur à cette limite, la force du jet est trop grande et la membrane n'obéit plus.

De très bons résultats ont été obtenus en remplaçant la pièce vibrante de l'excitateur par un filet de mercure; l'étincelle éclate entre un conducteur fixe et ce jet et le souffle agit sur l'étincelle. L'auteur a pu obtenir ainsi la reproduction de la parole; la distance de transmission correspondant aux conditions de l'expérience aurait été de quelques kilomètres.

Le grand inconvénient de cette méthode est dans la remise à l'état primitif du mercure qui a subi l'action de l'étincelle et du jet gazeux.

L'auteur annonce avoir obtenu de très bons résultats en suivant une voie toute différente et qui consiste essentiellement à faire varier la résistance ohmique d'une des communications de l'excitateur avec la terre ou l'antenne; mais il remet à plus tard la description de ces expériences.

G. GOISOT.

Téléphone automatique Strowger (*Engineering*, t. LXXIX, p. 10, 6 janv.). — Ce système, imaginé et essayé par Strowger il y a une dizaine d'années, est aujourd'hui construit par l'Automatic Electric Co qui l'a appliqué dans un assez grand nombre de villes américaines et, en particulier, à Chicago, dont le bureau central téléphonique dessert actuellement 10 000 abonnés et pourra en desservir 100 000. L'article se borne à donner le principe du fonctionnement de ce système pour un réseau ayant moins de 1000 abonnés, le numéro d'ordre de chaque abonné comprenant, par conséquent, au plus trois chiffres. — Chaque poste d'abonné comprend, en outre des appareils ordinaires, un dispositif d'appel consistant en un disque sur la périphérie duquel se trouvent 10 trous numérotés de 0 à 10. Si un abonné veut se mettre en relation avec l'abonné portant le numéro 854, il introduit le doigt dans le trou 8, fait tourner le disque jusqu'à ce qu'un cran d'arrêt s'oppose à ce mouvement et abandonne le disque, lequel, sous l'action d'un ressort, reprend sa position primitive. La même opération est faite pour le chiffre 5, puis pour le chiffre 4. — Le mouvement de retour du disque, qu'un régulateur rend uniforme, a pour effet de produire dans la ligne des courants induits impulsifs, le nombre des impulsions étant égal à la valeur du chiffre correspondant au trou où l'on a introduit le doigt. — En arrivant au bureau central, les impulsions produites par la première opération mettent en mouvement un commutateur tournant, appelé *sélecteur*, qui connecte la ligne de l'abonné avec un second commutateur tournant appelé *connecteur* portant le numéro 8; à ce connecteur sont reliées les lignes des abonnés numérotés 800 à 899, ou, plus exactement, les 100 sélecteurs de ces lignes, car chaque ligne d'abonné a nécessairement un sélecteur spécial. La seconde et la troisième opération de l'abonné appelant font tourner ce connecteur de manière à le relier avec l'abonné du groupe portant le numéro 54. La communication peut alors s'effectuer, à moins cependant que la ligne de l'abonné appelé ne soit déjà occupée; dans ce dernier cas, un courant ondulatoire se trouve envoyé automatiquement dans la ligne de l'abonné appelant, et celui-ci se trouve averti du fait par un bourdonnement dans son récepteur. — Les sélecteurs sont disposés au nombre de 100, par quatre rangées de 25, sur un tableau vertical; au-dessus se trouve un groupe de 10 connecteurs

reliés à 1000 abonnés. Dans ces conditions, il ne peut y avoir plus de 10 abonnés d'un groupe de 100 pouvant converser avec les autres abonnés du réseau; mais l'expérience a montré que ce nombre n'est presque jamais atteint et, quand par hasard il est dépassé, il n'en résulte qu'un faible retard dans l'établissement des communications. — Quand le réseau doit desservir 9999 abonnés au plus, on met un second sélecteur destiné à diviser le travail de sélection du premier; il y a 100 sélecteurs secondaires pour 1000 sélecteurs primaires et 10 connecteurs pour chaque centaine de sélecteurs secondaires. Chaque tableau de 100 abonnés du bureau central comprend alors 6 rangées de commutateurs tournants: 4 rangées de 25 sélecteurs primaires, une rangée de sélecteurs secondaires et une rangée de connecteurs.

Application du cohéreur à la télégraphie ordinaire; système Magini, par A. PICCHI (*Elettricista*, t. XIII, p. 196, 1 juillet 1904). — M. Magini a breveté deux dispositions en vue d'appliquer le cohéreur aux transmissions télégraphiques ordinaires avec fils.

I. A la station d'émission on dispose une petite bobine de Ruhmkorff dont le primaire est en série avec une petite pile et un manipulateur; le secondaire est relié aux deux fils de la ligne télégraphique. A la station réceptrice, les deux fils sont reliés aux électrodes du cohéreur en série avec un relais et un élément de pile. Le relais par l'adjonction d'une autre batterie de pile actionne la machine télégraphique et le marteau du cohéreur.

Même avec une grande résistance de la ligne, il suffit d'une bobine de petite longueur d'étincelle, par suite l'isolement ordinaire d'une ligne télégraphique suffit. — Pour donner de la constance au cohéreur, M. Magini emploie des poudres métalliques complètement immergées dans l'huile ou un autre liquide non oxydant. Celui-ci empêche que l'air ne vienne au contact des particules; en outre la viscosité s'oppose au déplacement brusque de ces particules. La sensibilité d'un tel cohéreur est moindre que celle des types à poudre de nickel et d'argent dans le vide, mais l'excès de sensibilité serait plutôt dangereux dans le cas actuel.

II. La deuxième disposition n'emploie pas de bobine de Ruhmkorff. Le cohéreur est en série avec un élément de pile et un galvanomètre; des bornes du cohéreur partent les deux fils de ligne reliés à un manipulateur à la station d'émission.

Une bobine de self est insérée sur l'un des fils; l'extracourant produit la cohérisation. Il est avantageux de mettre dans le circuit à la station expédatrice un élément de pile, mais ce n'est pas indispensable. G.

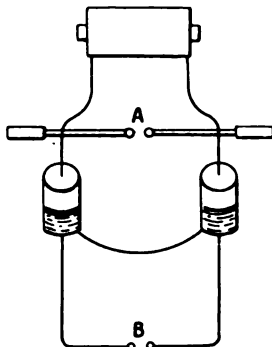
BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie : ATHEARN. USAP. 778 297, 13 mai 1904 (circuit complexe pour télégraphe). — KOTYRA. USAP. 779 223, 21 mars 1904 (transmetteur). — SHUMAKER. USAP. 779 670, 11 oct. 1902 (système de télégraphe). — **Télégraphie sans fil** : SALISBURY. USAP. 778 275, 22 avril 1904 (détecteur bolométrique).

Téléphonie : ALBRECHT. USAP. 779 982, 25 juillet 1904 (système téléphonique). — DEAN. USAP. 779 533 et 779 569, 15 juin 1903 et 7 juillet 1902 (téléphone). — FRYKMAN. USAP. 778 409, 20 avril 1903 (appareil téléphonique). — HOWE. USAP. 779 140, 23 sept. 1904 (support pour récepteur téléphonique). — MACLAGAN. USAP. 778 322, 23 juin 1900 (circuit téléphonique). — MEINEMA. USAP. 778 877, 2 mai 1904 (téléphone). — QUARRIE (MAC). USAP. 778 599, 1^{er} fév. 1902 (tableau téléphonique). — ROBERTS. USAP. 777 544, 15 déc. 1899 (téléphone). — RANDALL. DRP. 157 799, 4 déc. 1903 (microphone). — ROSE. USAP. 777 310, 3 sept. 1904 (désinfection pour téléphones). — RUNGE. USAP. 776 090, 6 déc. 1902 (téléphone).

APPLICATIONS THERMIQUES.

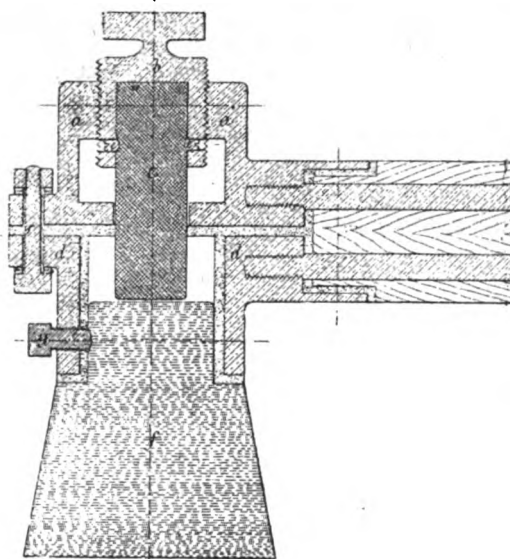
Inflamateur O. Lodge à courant de haute fréquence (*Electrical Review*, New-York, t. XLV, p. 1108, 31 déc. 1904). — Cet inflamateur se compose d'une bobine d'induction dont le secondaire est relié aux deux électrodes d'un exploseur et aux armatures internes de deux bouteilles de Leyde; les armatures externes de ces bouteilles sont reliées par un conducteur de grande résistance (une corde mouillée, par exemple), et sont d'autre part connectées à un second exploseur B. Quand la bobine fonctionne les condensateurs se chargent jusqu'à ce qu'une étincelle jaillisse en A; la capacité étant réglée de manière à ce que cette



étincelle soit oscillante, ces oscillations produisent des courants de haute fréquence dans le circuit de l'exploseur B et des étincelles jaillissent à cet exploseur. — Ces étincelles de haute fréquence conviennent fort bien pour l'inflammation des mélanges explosifs des moteurs à gaz ou à essence de pétrole. De plus il est à remarquer que, par suite de la liaison existant entre elles, les armatures externes de bouteilles de Leyde restent au même potentiel pendant la charge; il est donc inutile d'isoler ces armatures de la masse du moteur. D'autre part, ce défaut d'isolement n'empêche nullement la décharge de donner des étincelles en B, les oscillations de haute fréquence qui les produisent se propageant toujours le long des fils si mauvais que soit leur isolement. On en a la preuve soit en plongeant l'exploseur B dans l'eau, soit en renaissant ses deux électrodes par une tige métallique, un morceau de charbon à arc, ou une goutte d'huile mélangée de noir de fumée: les étincelles en B ne sont pas affectées. — Cet inflamateur paraît donc devoir remplacer avantageusement les dispositifs d'allumage aujourd'hui en usage et qui sont si souvent la cause de « pannes » en automobilisme.

Fer à souder à arc électrique (*Revue industrielle*, t. XXXV, p. 454-456, 12 novembre 1904). — Ce fer, employé à l'usine de laminage de Penchot (Aveyron), se compose de deux flasques en bronze phosphoreux *a* et *d*, isolées électriquement par une garniture d'amiante et réunies par des boulons entourés de tubes de micanite; la flasque supérieure porte le charbon *c*, la flasque inférieure le cuivre soudeur *f*; deux tiges de cuivre traversant le manche de l'appareil servent à amener le courant qui doit arriver par le cuivre. La tension la plus favorable est de 25 à 30 volts; sous cette tension le fer absorbe 50 ampères; on pourrait marcher avec une tension supérieure, mais il est plus économique d'abaisser la tension à cette valeur par un transformateur rotatif. Pour la manœuvre l'ouvrier dispose d'un rhéostat faisant varier la tension de 5 volts par plot; il intercale toute la résistance, met le charbon *c* en contact avec le cuivre *f*, puis il l'écarte légèrement pour faire jaillir l'arc; il règle ensuite la température à l'aide du rhéostat. Les char-

bons durent 15 jours et coûtent 0^r,10 pièce; les cuivres soudeurs durent de 7 à 8 mois; l'énergie dépensée par journée de 10 heures est de $30 \times 501 \times 0 = 15000$ watts-heure, de sorte qu'à 0^r,10 le kilowatt-heure, la dépense serait de 1^r,50 (à Penchot l'électricité est produite par une chute d'eau et la dépense ne dépasse pas 0^r,25). Le soudage au fer électrique



est plus régulier et plus solide qu'avec le fer chauffé au coke, la température du fer ne pouvant être uniforme dans ce dernier cas; il offre, sur le soudage avec fer chauffé au gaz ou à la gasoline, l'avantage de ne pas dégager de gaz et vapeurs délétères; il est plus économique si, comme à Penchot, l'énergie électrique est à bas prix.

Résistances en carbone pour chauffage électrique de la Société Porzellan-Fabrik Kahla (Brevet français n° 326789). — L'inventeur avait précédemment décrit un procédé de fabrication de résistances en charbon, caractérisé par ce fait qu'un corps poreux (argile cuite) est imprégné d'hydrocarbures liquides (asphalte, goudron, etc.), puis calciné de telle sorte que le carbone remplit les pores de la matière argileuse. On obtient ainsi une ossature en argile et une carcasse en carbone pur s'entremêlant.

Le nouveau procédé consiste à faire un mélange homogène de matières conductrices (graphite, suie, poudre de charbon ou de coke) avec un liant convenable (stéatite, talc, lardite, kaolin) résistant à la chaleur. Ces minéraux étant infusibles, on ajoute comme fondant, du feldspath, du quartz, etc. On obtient ainsi une matière solide, sonore, bonne conductrice de l'électricité et susceptible de subir, sans détérioration, de grandes variations de température. Le mélange peut être moulé à l'état plastique ou liquide. Pour éviter la combustion lente des résistances à haute température, on les recouvre d'une couche de porcelaine ou de glaçure. G.

Appareils électriques pour le chauffage des liquides Ewart (Brevet français n° 327677). — Le dispositif préconisé consiste dans l'emploi de tubes dans lesquels circule le liquide; les tubes sont revêtus d'une couche isolante sur laquelle est enroulé le fil métallique formant résistance de chauffage. Les fils peuvent supporter la température élevée du rouge cerise, parce qu'ils sont renfermés dans une enveloppe complètement étanche où l'on a fait le vide. G.

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

Préparation électrolytique de la pâte d'étain, par F. GELSTHARP. Communication faite à la Faraday Society, le 19 décembre (*Electrician*, t. LIV, p. 399, 23 décembre). — La pâte d'étain est utilisée pour la fabrication des papiers argentés. Les Hindous, qui paraissent avoir été les premiers à s'en servir, la préparent comme il suit : l'étain fondu est coulé en mince filet dans une boîte en bois que l'on agite constamment; on obtient ainsi de l'étain en poussière dont on sépare les parties les plus fines en les entraînant au moyen d'un courant d'eau; la poudre impalpable qui se dépose est séchée puis mélangée avec une solution chaude de glu. Aujourd'hui on emploie de préférence un procédé chimique : l'étain en grenaille est traité par l'acide chlorhydrique et donne du chlorure stanneux; ce chlorure est mis en contact avec du zinc qui déplace l'étain sous forme de précipité pulvérulent; enfin on lave et l'on sèche. Ce procédé chimique a plusieurs inconvénients : l'attaque de l'étain donne d'abondantes fumées acides, la réduction du chlorure donne une assez forte proportion d'étain compact en cristaux qu'il faut enlever du précipité pulvérulent. — Ces inconvénients sont évités dans le procédé électrolytique que décrit l'auteur et qui est appliqué dans une fabrique de papiers. Dans ce procédé l'étain à transformer est coulé en plaques de 2^{cm},5 d'épaisseur et ces plaques sont disposées comme anodes dans un bain d'acide chlorhydrique étendu; les cathodes sont constituées par des plaques plus minces ou des feuilles de fer étamé. Pour une production de 1000^{ks} par semaine, il faut un courant de 1500 ampères sous 8 à 10 volts traversant cinq bacs d'électrolyse en série. Ces bacs, construits en ardoise ou plus simplement en pitch-pin, ont une section carrée de 106^{cm} de côté et une profondeur de 91^{cm},5; chacun contient cinq cathodes et quatre anodes ayant respectivement 91^{cm},5 × 76^{cm}; les anodes, reliées en parallèle, reposent sur les bords des bacs; les cathodes sont soudées à des barres de cuivre de 3^{cm},2 de diamètre qui les soutiennent; la densité de courant est de 3,7 amp : dm²; l'électrolyte est mis constamment en mouvement au moyen d'une pompe en plomb ou en étain commandée par un petit moteur électrique. L'étain se dépose sur les cathodes sous forme spongieuse; on l'en détache de temps en temps à l'aide de raclettes et pour faciliter cette opération les bords supérieurs des cathodes sont recouverts d'une couche de vernis ou peinture isolante descendant à 5^{cm} ou 6^{cm} au-dessous du niveau de l'électrolyte. L'étain détaché, imprégné de bulles d'hydrogène, est très léger et vient flotter à la surface du bain d'où on le retire avec des cuillers perforées; on le lave et on le sèche. — Le fait que l'étain est imprégné d'hydrogène indique qu'une partie assez importante de l'énergie électrique dépensée est employée à la décomposition de l'acide chlorhydrique; cette perte d'énergie, qui paraît atteindre 50 pour 100, est cependant indispensable, car si l'on cherche à l'éviter, ce qui est possible en prenant une densité de courant plus faible, le dépôt d'étain, au lieu d'être à l'état spongieux, se présente sous forme cristalline et ne peut dès lors servir à la préparation de la pâte.

Sur une méthode de préparation des persulfates, par ERICH MÜLLER (*Zeitsch. f. Elektrochemie*, t. X, p. 776, 30 septembre 1904). — L'auteur a montré antérieurement (*La Revue électrique*, t. II, p. 233) que de petites quantités d'ions-fluor ajoutées pendant l'électrolyse des solutions neutres d'iodates favorisent la transformation en périodate; d'autres ions, comme l'ion-chlore, jouent le même rôle. Il était à prévoir que ces actions seraient les mêmes dans d'autres processus d'oxydation. Il y a déjà longtemps que Elbs a indiqué la présence favorable des ions-chlore pendant la formation électrolytique de l'acide persulfurique. L'auteur a fait ici des recherches sur l'influence des ions-fluor et a

trouvé que l'addition d'acide fluorhydrique constitue un bon procédé pour la préparation des persulfates. De l'analyse des gaz dégagés il a déduit le rendement en quantité, en opérant l'électrolyse sans diaphragme et avec électrodes en platine. Avec 125^{cm}3 d'une solution de bisulfate de potassium (1^{cm}3 neutralise 2^{cm}3,3 de NaOH normale) additionnée de 5^{cm}3 H²SO⁴ à 50 pour 100, une densité de courant de 0,2 amp par centimètre cube à l'anode et 1,0 amp : cm² à la cathode, il a obtenu à la température de 15° à 18° C. et sans addition d'acide fluorhydrique :

Temps depuis le début.	Oxydation pour 100.	Réduction pour 100.	Rendement en quantité pour 100.
15'	38,7	3,1	35,6
30	47,5	2,8	44,7
45	51,2	2,3	48,9
60	50,2	2,2	48,0
75	49,8	2,0	47,8

Dans les mêmes conditions, mais en ajoutant 20^{cm}3 d'acide fluorhydrique, ces valeurs devenaient :

Temps depuis le début.	Oxydation pour 100.	Réduction pour 100.	Rendement en quantité pour 100.
15'	79,9	1,7	78,2
30	79,7	1,9	77,8
45	78,3	2,2	76,1
60	75,3	2,0	73,0

En ajoutant moins de HFl, le rendement était moins augmenté. Avec le sulfate de sodium, le rendement qui n'est que 0,8 à 1,0 pour 100 dans les conditions ordinaires peut atteindre 40 pour 100 après addition de 20^{cm}3 HFl. Pendant l'électrolyse du sulfate de potassium, le persulfate se dépose en cristaux blancs.

La nature de la surface du platine employé a une grande influence. Il faut choisir les anodes qui présentent le moins possible d'inégalités.

Le rôle du fluor est ici, comme dans la formation des périodates, d'élever la surtension anodique du platine et par conséquent de rendre celui-ci capable d'actions oxydantes plus énergiques. Voici, à ce propos, quelques-uns des chiffres donnés par l'auteur :

Temps en minutes après le commencement de la polarisation.	Différence de potentiel en volts entre l'anode et l'électrode décinormale.
0,5	1,787
2	1,826
4	1,864
7	1,884
12	1,903
19	1,922
25	1,941
27	2,210
30	2,251
44	2,268
245	2,268

Δ = 0,269 volt

Il s'agit ici d'une solution de bisulfate de potassium (1^{cm}3 neutralisé par 3^{cm}3 de NaOH normale) et d'une densité de courant anodique de 0,005 amp par centimètre carré, l'acide HFl ajouté étant à 40 pour 100 et la tension étant mesurée avec l'électrode Hg, HgCl | KCl décinormale.

L. J.

MESURES ET ESSAIS.

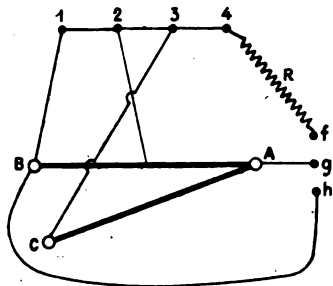
Application de l'ampèremètre thermique J. Carpentier à la mesure des puissances et des décalages. Polythermique, par JOLY (Conférence faite à la séance du 1^{er} février 1903 de la Société internationale des Électriciens). — On connaît l'importance de la détermination du décalage entre l'intensité et la tension. Cette détermination est indispensable pour se rendre compte de la puissance réelle fournie par un alternateur. La valeur de $\cos \varphi$ peut être obtenue en faisant usage d'un ampèremètre, d'un voltmètre et d'un wattmètre et en faisant le quotient $\frac{P}{E \cos \varphi}$ de la puissance réelle par la puissance apparente; mais c'est là une méthode compliquée et coûteuse.

M. Joly décrit tout d'abord un phasemètre qui permet de mesurer facilement l'angle de décalage. Cet appareil se compose d'un petit moteur synchrone placé en dérivation sur le réseau et constitué par une étoile dont les branches en croix passent devant les pôles quand le flux est maximum. Cette étoile en entraîne une autre toute semblable, mais qui se trouve placée dans le circuit magnétique d'un électro-aimant alimenté par le courant principal et constitué par un fer en U. Quand le courant principal se décale par rapport à la tension, le fer en U tourne d'un angle égal à la moitié de l'angle de décalage.

La mesure de l'angle de décalage par le phasemètre n'est cependant pas exempte de critique et l'on peut lui reprocher en particulier de ne donner aucune indication ni sur la tension, ni sur la charge. Le nouvel appareil décrit par le conférencier permet de mesurer successivement la tension, l'intensité et la puissance réelle et par suite le décalage. Cet appareil dérive de l'ampèremètre thermique de Carpentier. Un fil en bronze d'un diamètre de 0^{mm},1 et d'une longueur de 15^{cm} environ est parcouru par le courant à mesurer. Afin de compenser les variations dues à la température ambiante, on fait usage d'un dispositif spécial qui comporte un deuxième fil exactement semblable au premier, mais non traversé par le courant; le dispositif employé est tel que les indications de l'aiguille sont proportionnelles à la différence d'allongement des deux fils.

La figure 1 représente schématiquement l'appareil. AB est

Fig. 1.



le fil actif: il est sectionné en son milieu de telle sorte que les deux moitiés peuvent être branchées en parallèle (mesure de l'intensité); AC est le fil inactif; 1, 2, 3, 4 est un commutateur; f, g, h en est un autre; R est une résistance non inductive intercalée dans le circuit pour la mesure de la tension.

Pour mesurer l'intensité, on ferme gh. Le courant principal traverse un shunt dont les extrémités sont reliées aux bornes 1 et 2. Le courant traversant le fil actif arrive donc par la borne 1, de là se dérive dans les deux moitiés du fil actif et s'en va par la borne 2. L'allongement du fil actif est proportionnel au carré de l'intensité et celle-ci peut être lue

directement sur le cadran gradué en ampères. Pour la déviation maximum, l'appareil prend 0,4 volt.

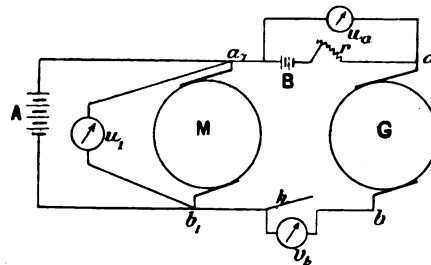
Lorsqu'on veut mesurer la tension, on relie fg. Dans ces conditions, les bornes 1 et 4 étant reliées aux deux pôles du réseau, le courant partant de 1 traverse le fil actif et arrive en 4 après avoir traversé la résistance non inductive. Le courant dans le fil est égal à $\frac{E \cos \varphi}{R}$, de sorte qu'en réglant convenablement la résistance additionnelle R, on peut lire directement la tension en volts sur le cadran.

Pour mesurer la puissance, on relie encore fg. Le shunt traversé par le courant principal est relié aux bornes 1 et 2 pendant que la borne 4 est toujours en communication avec l'autre pôle. Le courant dérivé du shunt, partant de la borne 1, traverse le fil actif puis le fil inactif et arrive à la borne 3. Le courant dû à la tension va, comme il est facile de le voir d'après la figure, s'ajouter au précédent dans le fil actif et se retrancher, au contraire, dans le fil inactif. L'intensité du courant dans le fil actif étant $kE + k'I$, elle sera $kE - k'I$ dans le fil inactif. On démontre alors que la puissance moyenne est proportionnelle à la différence de puissance dépensée dans chacun des deux fils et, par suite, à la différence de leur allongement. Il en résulte que la déviation est proportionnelle à la puissance moyenne.

Cet appareil, appelé *polythermique*, permet donc de mesurer successivement la tension, l'intensité, la puissance et le décalage. Sa précision de 1 pour 100 est suffisante pour les besoins industriels. Il peut être rendu universel par l'addition d'une série de shunts correspondant aux différentes puissances, ce qui en fait un appareil économique. A cause de ces différentes qualités, il y a lieu de penser que c'est un instrument dont les électriciens tireront le plus grand parti.

L. J.

Détermination du rendement industriel des machines à courant continu, par S. BALDINE, ingénieur de la Marine russe (*Ind. élect.*, t. XIV, p. 39-41, 25 janv., d'après *Elektritchestvo*, n° 15-16, 1904). — Parmi les procédés indirects utilisés pour la mesure du rendement, l'un consiste à accoupler mécaniquement les arbres de deux machines identiques, à lancer dans l'une d'elles (qui fonctionne alors comme moteur) le courant d'une source extérieure et celui qui est fourni par la seconde machine, et à mesurer les intensités i et I de ces deux courants. Le rendement η , supposé le même pour les deux machines, se déduit facilement de ces mesures: le moteur reçoit une puissance électrique $u(I + i)$ et en transmet sous forme mécanique une partie $\eta u(I + i)$ à la génératrice, laquelle redonne, sous forme électrique, une puissance $\eta^2 u(I + i)$ ayant également pour valeur uI , u étant la tension aux bornes communes du moteur et du générateur; par suite, $\eta = \sqrt{I : (I + i)}$. Mais ce procédé comporte une cause d'erreur: les deux machines



devant avoir même tension aux bornes ont nécessairement des forces électromotrices inégales, d'où il résulte des pertes inégales par hystérésis et courants de Foucault, alors que le principe de ce procédé suppose précisément ces pertes égales dans les deux machines. Pour éviter cette cause d'erreur,

l'auteur complète le montage, comme il est représenté schématiquement par la figure, en intercalant entre la génératrice et le moteur un rhéostat réglable r et une source B; deux voltmètres u_1 et u_2 donnent les tensions aux bornes du moteur et aux extrémités du circuit BR ; un troisième voltmètre v , placé en dérivation sur l'interrupteur k a simplement pour objet de permettre de fermer cet interrupteur au moment où la différence de potentiel entre ses bornes ne dépasse pas quelques volts afin d'éviter le danger de la production d'un courant trop intense dans la génératrice. L'égalité des forces électromotrices E dans le moteur et la génératrice est obtenue pour une valeur convenable de la force électromotrice de la source B ou, ce qui revient au même, de la différence de potentiel u_2 . Cette valeur est facile à calculer, car on a dans le circuit fermé $a_1 b_1 ab$,

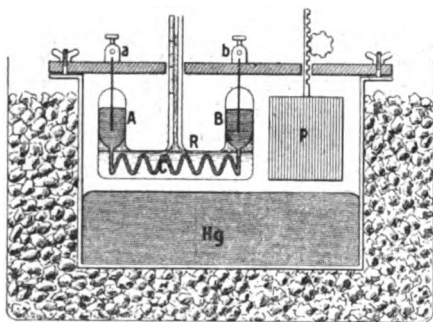
$$-E - R(I + i) - RI + E + u_2 = 0,$$

et, par suite,

$$u_2 = R(2I + i),$$

R désignant la résistance de l'induit de chaque machine, résistance que l'on détermine par une mesure directe. Le rendement η de l'induit de la génératrice est donné par le quotient de la puissance électrique $u_1 I = (u_1 - u_2) I$ aux bornes de cet induit par la somme $u_1 I + RI^2 + P$, RI^2 étant la perte par effet Joule dans l'induit et P la puissance perdue par hystérésis et courants de Foucault. Or, cette perte P , qui est maintenant la même dans les deux machines, se détermine facilement, car il est évident que la puissance fournie au système moteur-génératrice par les deux sources extérieures A et B est égale à la somme des puissances perdues dans le système par effet Joule, hystérésis et courants de Foucault, c'est-à-dire $u_1 I + u_2 i = R(I + i)^2 + RI^2 + 2P$, égalité d'où l'on tire P . On a donc tous les éléments nécessaires pour calculer η . Si l'on veut le rendement η' de la génératrice en tenant compte de l'excitation, il suffit d'ajouter à la somme $u_1 I + RI^2 + P$ la puissance dépensée pour cette excitation, soit $u_1 I$, ou $(u_1 - u_2) I$, I , étant l'intensité du courant d'excitation.

Ampèremètre thermique Camichel (Note présentée au Congrès de Grenoble de l'Association française pour l'avancement des Sciences). — Les instruments utilisés dans les mesures courantes donnent des indications variables avec



le temps et par suite nécessitent des étalonnages assez fréquents; l'ampèremètre thermique à mercure de M. Camichel évite cet inconvénient. Un premier modèle de cet instrument a été décrit par l'auteur en 1897 dans *L'Éclairage électrique* (t. XII, p. 385); dans le modèle présenté au Congrès quelques améliorations ont été apportées. Le courant dont on veut évaluer l'intensité est amené par les bornes a et b portant des tiges plongeant dans deux cuvettes à mercure A

et B réunies par un tube fin et couronné C. Ce dernier tube est enfermé dans le réservoir R d'un thermomètre à mercure placé dans un récipient entouré de glace. On fait passer le courant pendant 1 minute et l'on note la température que marque alors le thermomètre; de cette température on déduit la valeur de l'intensité, l'appareil ayant été étalonné une fois pour toutes avec un instrument de précision, un ampèremètre-balance par exemple. Pour faire une autre mesure, il faut ramener à la température de la glace fondante le réservoir thermométrique et son contenu. Dans ce but le récipient métallique contient du mercure Hg au-dessus duquel est un cylindre de fer P; en descendant celui-ci on élève le niveau du mercure et ce liquide vient en contact avec le réservoir qui est rapidement refroidi. L'appareil peut servir à mesurer des intensités comprises entre d'assez larges limites en modifiant le temps pendant lequel on fait passer le courant avant de noter la température; dans un des modèles étudiés un courant de 1,588 ampère produit en 1 minute un déplacement de la colonne mercurielle de 145,3 divisions et une variation de $\frac{1}{100}$ d'ampère produit alors une variation de 2 divisions; comme on peut apprécier le quart d'une division, la mesure peut donc se faire avec une erreur de moins de $\frac{1}{100}$ d'ampère. J. B.

Nouveaux compteurs Reason, Chamberlain et Hookham, Branlik (*Electrician*, t. LIV, p. 304-307, 9 déc.).

BREVETS RÉCENTS.

Compteurs: ALLGEMEINE ELEKTRICITAETS GES. DRP. 157537 et 157638, 12 déc. 1902 et 13 oct. 1903 (dispositif pour régler les compteurs sur différentes tensions et compteur triphasé). — BLANCHET. USAP. 778101, 19 oct. 1903 (compteur moteur). — CASE et REASON LD. BP. 25074, 1903 (compteurs). — CERVIERA. BP. 25765, 1903 (compteurs électriques). — DICK. BP. 25886, 1903 (compteur d'électricité). — GEYER. BF. 346935, 1^{er} août 1904 (commutateur-collecteur pour compteur d'électricité). — HARTMANN et BRAUN. DRP. 157803, 14 mai 1904 (compteur). — LIGHT et LIEBING. DRP. 157677, 13 février 1903 (compteur Ferraris). — MIX et GENEST. DRP. 157197, 26 nov. 1903 (compteur avec amortisseur). — PRATT. USAP. 771266, 16 février 1903. — RIMINGTON. BP. 28030, 1903. — RITTNER et C^{ie}. DRP. 157198, 20 janvier 1904 (dispositif pour compenser le frottement dans les compteurs). — SOCIÉTÉ GRAMME. BF. 346668, 28 sept. 1904. — SOCIÉTÉ D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DU SECTEUR DE LA PLACE CLIGNY. BF. 346926, 11 oct. 1904 (perfectionnements aux compteurs d'énergie électrique).

Appareils divers: ARCONI. BF. 346010, 2 sept. 1904 (ampèremètre enregistreur). — ARMSTRONG et ORLING. DRP. 157448, 29 nov. 1901 (indicateur de faibles courants; BP. 19063, 1904 (enregistreur). — BOURGEOIS (H. et P.). BF. 346528, 10 sept. 1904 (instrument de mesure électrique portable). — CONRAD. BP. 3540, 1904 (wattmètre). — COX et PRATT. USAP. 777844, 29 janvier 1903 (ampèremètre pour plusieurs circuits). — FEHLERT, LOUBERT, HARMSTEN et BUTTNER. DRP. 157936, 3 juillet 1904 (galvanomètre). — HARTMANN et BRAUN. DRP. 157153, 13 mai 1904 (instrument de mesure). — HERRICK. BP. 19585, 1904 (compas magnétique). — KELLY. BP. 18908, 1904 (enregistreur). — ROLLER. USAP. 776866, 15 mai 1902 (dispositif pour contrôler la résistance des différentes sections d'un circuit). — SCHMIDT. BP. 775408, 5 février 1904 (appareil enregistreur). — SIEMENS et HALSKE. DRP. 157494, 7 nov. 1903 (essais des propriétés magnétiques des tôles); BP. 17528 et 23972, 1904 (enregistreur).

DIVERS.

Champ magnétique auquel est soumis un corps en mouvement dans un champ électrique, par H. PELLAT (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 229, 23 janvier). — L'auteur donne une démonstration simple de la proposition suivante : Un corps animé d'une grande vitesse V dans un champ électrique d'intensité Φ est soumis, par là même, à un champ magnétique dont la direction est normale au plan contenant la direction de la vitesse et celle du champ électrique, dont le sens est la droite d'un observateur disposé de façon que le mouvement aille de ses pieds à sa tête, et qui regarderait dans le sens du champ électrique, et dont l'intensité est donnée par $\mathcal{H} = K\Phi V \sin \alpha$, en appelant α l'angle de la vitesse et du champ électrique, et K le pouvoir inducteur spécifique du milieu, cette relation étant exacte dans l'un et l'autre système d'unités électriques. — On remarquera que la relation qui traduit cette proposition a la même forme que celle qui donne l'intensité du champ électrique agissant sur un point mobile dont la trajectoire coupe, sous un angle α , les lignes de force d'un champ magnétique; le phénomène dont la loi est donnée par la proposition ci-dessus est donc le phénomène réciproque de l'induction magnétique. — Il y a également lieu d'observer que la valeur de $\mathcal{H}$ sera généralement très petite, à moins que V ne soit pas trop éloignée de la vitesse de la lumière (car K , en unités électromagnétiques, est le quotient de la valeur du pouvoir inducteur en unités électrostatiques par le carré de la vitesse de la lumière). Or, cette condition est réalisée par les particules cathodiques, et l'auteur pense que l'on pourrait expliquer par ce phénomène les propriétés des rayons magnéto-cathodiques de M. Villard.

Contribution à l'étude de l'ionisation dans les flammes, par P. MASSOULIER (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 234, 23 janvier). — La conductibilité des flammes est, comme l'on sait, attribuée à la présence d'ions dont on a pu mesurer les mobilités, lesquelles sont très variables avec le signe de la charge de l'ion et avec la température. Toutefois, un des caractères essentiels de la conductibilité des gaz ionisés, l'existence d'un courant de saturation, ne s'observe pas d'une manière complète : la courbe représentant la variation de l'intensité du courant en fonction de la différence du potentiel v ne se termine pas par une partie rectiligne parallèle à l'axe des v ; généralement, c'est une courbe concave vers l'axe des v , dont les ordonnées i croissent moins vite que les abscisses v ; cependant, quand v devient très grand, la courbe peut s'infléchir et présenter alors sa convexité vers l'axe des v . Cette dernière particularité avait déjà été observée, sans que l'auteur en ait eu connaissance, par F.-L. Stufts et J. Stark (*Phys. Zeitsch.*, 1^{er} mai 1904); Townsend avait signalé un fait semblable dans les phénomènes qui précèdent la décharge disruptive (*Phil. Mag.*, t. I, p. 198, 1901). L'auteur attribue l'absence de saturation dans les flammes à la grande densité en volume des ions présents; il en résulte une déformation considérable du champ et sa localisation au voisinage de la cathode quand les électrodes sont également chaudes; or, la saturation ne s'observe que quand le champ reste approximativement uniforme. — L'auteur décrit ensuite quelques expériences montrant que, contrairement à l'opinion admise (J.-J. THOMSON, *Conduction of electricity through gases*; H.-A. WILSON, *Phil. Trans.*, 1899, p. 499; MOREAU, *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XXX, 1903, p. 1), les électrodes ne jouent qu'un rôle secondaire dans le phénomène d'ionisation, au moins dans certaines conditions. — Enfin, il ter-

mine par deux remarques qu'il se propose d'étudier de plus près et paraissant permettre de résoudre cette question : l'ionisation des flammes est-elle due aux phénomènes chimiques qui s'accomplissent au sein de la flamme ou seulement à l'élévation de température qui serait suffisante pour provoquer la dissociation corpusculaire de certaines molécules?

Sur les coefficients d'aimantation spécifique des liquides, par G. MESLIN (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 237, 23 janvier). — L'auteur ayant été amené, par ses études sur le dichroïsme magnétique, à déterminer la susceptibilité magnétique d'un grand nombre de liquides organiques et de sels cristallisés, donne les valeurs de cette grandeur pour vingt-neuf de ces corps. Il fait remarquer que les tableaux de mesures publiés jusqu'ici sont très discordants, et cela pour plusieurs raisons : d'abord, certains auteurs n'indiquent pas si leurs valeurs sont relatives au moment magnétique rapporté à l'unité de volume et à l'unité de champ, d'après la définition ordinaire de la susceptibilité, ou si elles sont relatives à l'unité de poids et l'unité de champ, d'après les résultats immédiats de la plupart des méthodes de mesure; en second lieu, quand c'est la susceptibilité à volume égal qui est donnée, elle a été généralement déduite de la susceptibilité à poids égal (ou plutôt coefficient d'aimantation spécifique, comme la nomme l'auteur) en multipliant celle-ci par la densité, et, le plus souvent, différents physiciens ont pris des valeurs notablement différentes pour la densité; enfin, beaucoup de déterminations ont été faites par des mesures relatives, et les quelques déterminations absolues que l'on possède et qui se rapportent surtout à l'eau et au bismuth ne sont pas absolument concordantes. — Nous renvoyons à la Note originale pour les valeurs du coefficient d'aimantation spécifique; disons seulement qu'elles sont comprises entre $0,475 \times 10^{-6}$ (iodure d'éthyle) et $0,908 \times 10^{-6}$ (pétrole), celle de l'eau étant $0,79 \times 10^{-6}$, d'après les déterminations de l'auteur et celles antérieures de Henrichsen, Quincke, Becquerel, Faraday.

Les gisements radifères d'Issy-L'Évêque (*Génie civil*, t. XLVI, p. 189, 21 janvier). — Jusqu'ici, les seules substances pratiquement exploitables pour la préparation du radium sont les minerais uranifères (pechblende, carnotite, autunite), lesquels sont extrêmement rares. Toutefois, on a constaté la radioactivité dans diverses substances non uranifères : Elster et Geitel dans certains argiles, Strutt dans les dépôts des eaux thermales de Bath (voir *Revue élect.*, t. I, p. 221). Récemment, on a trouvé à Grury, commune d'Issy-L'Évêque (Saône-et-Loire), une substance plombifère notablement radioactive et dans laquelle l'analyse ne révèle pas trace d'uranium. Une usine spéciale a été installée à Nogent-sur-Marne pour le traitement chimique de ces substances dont la teneur en bromure de radium paraît être comprise entre 05,0001 et 05,05 par tonne. — La présence de nombreuses sources radifères dans le voisinage immédiat de ces substances et la nature poreuse du sol qui les renferme fait croire à M. J. Danne, l'auteur de l'article, que l'explication donnée par M. Strutt de la radioactivité des dépôts des eaux de Bath est encore applicable ici : les eaux se chargent de produits fortement radioactifs en passant sur des substances uranifères et radifères situées sans doute à une grande profondeur, et les abandonnent ensuite dans leur trajet à travers les roches poreuses.

Sur la variation de résistance du bismuth dans un champ magnétique, par CAMILLO CARPINI (*Elettricista*, 2^e série, t. IV, p. 19, 15 janvier).

BIBLIOGRAPHIE.

Traité théorique et pratique d'Électricité, par H. PÉCHEUX, avec Notes additionnelles de J. BLOXDIX et E. NÉCULCÉA et préface de J. VIOLE, Membre de l'Institut. Un volume format $25^{\text{cm}} \times 16^{\text{cm}}$, XX-720 pages et 789 figures. Ch. Delagrave, éditeur. Prix : broché, 17^{fr}; relié, 20^{fr}.

Dans ce traité, l'auteur a rassemblé, à quelques développements près, les leçons qu'il fait aux élèves de l'École nationale d'Arts et Métiers d'Aix.

L'Ouvrage est divisé en trois grandes Parties : Électrostatique, Electrodynamique et Applications industrielles des courants électriques. C'est une division peut-être un peu surannée, mais qui s'explique aisément par ce fait que l'auteur s'adresse surtout à des élèves et qu'il a préféré donner à ceux-ci la disposition présentée par les programmes universitaires afin de leur faciliter la tâche.

Sans vouloir entrer dans l'énumération des nombreux Chapitres, disons que la partie la plus importante est l'Electrodynamique. Le Chapitre des générateurs de courant et principalement des machines dynamo-électriques contribue puissamment à donner à l'Ouvrage son caractère pratique. Mais c'est surtout dans la troisième Partie (les applications industrielles) que ce caractère s'affirme.

L'auteur, avec la précieuse collaboration de MM. J. Blondin et E. Néculcá, a fait là une œuvre qui mérite bien son titre de Traité théorique et pratique; à ces deux points de vue, elle est suffisamment complète pour les lecteurs auxquels elle s'adresse et à qui l'on doit donner avant tout des notions générales sur toutes les parties de l'électricité théorique et appliquée.

Des développements importants sont d'ailleurs ajoutés dans les Notes en petits caractères, principalement sur les questions théoriques. Ces Notes s'adressent d'une façon plus particulière aux lecteurs suffisamment familiarisés avec les notions de Calcul infinitésimal et notamment aux candidats au certificat de Physique industrielle (licence ès sciences physiques) et aux candidats à l'École supérieure d'Électricité.

Nous croyons en avoir dit assez pour montrer que l'Ouvrage de M. Pécheux peut rendre de grands services à tous ceux qui entreprennent l'étude de la Science électrique.

L. JUMAT.

Die Darstellung des Zinks auf elektrolytischem Wege (La fabrication électrolytique du zinc), par EMIL GÜNTHER. Un vol., format $25^{\text{cm}} \times 17^{\text{cm}}$, 246 pages, 59 figures. Wilhelm Knapp, éditeur, à Halle a. S. Prix : broché, 10 mark.

Beaucoup de temps et beaucoup d'argent ont été dépensés dans la recherche d'un procédé pratique pour l'obtention du zinc par électrolyse. La plupart des tentatives ont, il est vrai, complètement échoué, mais

la connaissance des essais malheureux n'est pas moins utile pour le chercheur, peut-être même plus utile que celle des procédés ayant reçu application. Aussi concevons-nous que M. Günther ait cru devoir consacrer 246 pages grand format à une industrie qu'il eût pu décrire en quelques pages s'il s'était contenté de parler des applications existantes de l'électrolyse à la fabrication du zinc.

Il est presque inutile d'ajouter que la question est traitée à fond, que l'auteur nous donne la description des nombreux brevets qui la concernent, qu'il insiste sur le traitement des fameux minerais complexes de Broken-Hill. Ajoutons que l'Ouvrage se termine par le calcul du prix de revient du zinc fabriqué électrolytiquement, à partir du minerai par le procédé Hœpfner, dans l'hypothèse où la force motrice est fournie par des machines à vapeur et dans celle où elle est empruntée à une chute d'eau.

Les spécialistes trouveront donc de nombreux documents dans cet Ouvrage qui forme le 16^e volume des *Monographies d'Électrochimie appliquée*. T. P.

Elektrolytisches Verfahren zur Herstellung parabolischer Spiegel (Procédés électrolytiques pour la fabrication des miroirs paraboliques), par SHERARD COWPER-COLES; traduit de l'anglais en allemand par le Dr EMIL ABEL. Une brochure, format $25^{\text{cm}} \times 16^{\text{cm}}$, 17 pages, 13 figures. Wilhelm Knapp, éditeur à Halle-a-S. Prix : 1 mark.

Les miroirs paraboliques sont d'un prix élevé qu'explique le travail minutieux exigé par la confection de la forme en verre sur laquelle est déposée la couche d'argent qui constitue la surface réfléchissante. Ce travail, qui s'exécute suivant les procédés indiqués par Foucault, consiste en effet à donner au verre une surface sphérique que l'on transforme en surface elliptique, puis enfin en surface parabolique par une série de retouches méthodiques que seuls peuvent faire des ouvriers très habiles. Aussi les miroirs paraboliques ne sont-ils guère utilisés que dans la construction des télescopes d'observatoires, et dans la construction des projecteurs on doit le plus souvent se contenter de miroirs fabriqués plus simplement mais dont les propriétés se rapprochent seulement de celles des miroirs paraboliques.

Il est bien évident que le prix de revient serait considérablement diminué s'il était possible de détacher la couche métallique de la forme en verre et d'utiliser cette mince couche comme miroir, en la renforçant convenablement, la forme de verre pouvant alors servir à la confection d'un nombre illimité de miroirs.

M. Sherard Cowper-Coles a imaginé un procédé de ce genre il y a quelques années et c'est ce procédé qu'il décrit dans la brochure qui nous occupe, brochure qui constitue la 14^e livraison des *Monographies d'Électrochimie appliquée*.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Système téléphonique automatique.

A la page 88 de ce numéro nous donnons, d'après *Engineering*, le principe d'un système téléphonique, aujourd'hui assez répandu aux États-Unis, permettant à chaque abonné de se mettre directement en communication avec tout autre abonné du réseau. Nous n'avons pas cru devoir insister sur le mécanisme, nécessairement assez compliqué (et d'ailleurs non décrit dans l'article analysé), qui doit être installé au bureau central pour assurer cette communication automatique, l'étude technique de la téléphonie urbaine n'intéressant en France, par le fait du monopole de l'État, qu'un très petit nombre d'ingénieurs; ceux qui toutefois voudraient se documenter sur ce sujet n'auront qu'à se reporter au numéro du 31 décembre de *Electrical World and Engineer*, qui contient une description très complète du système, ainsi que l'indiquait une courte analyse insérée page 23 de notre numéro du 15 janvier.

Mais, si la technique téléphonique compte de rares adeptes, les abonnés au téléphone sont nombreux et ils ne seront pas fâchés d'apprendre qu'il existe aujourd'hui au moins un système pratique pouvant leur éviter les nombreux inconvénients que leur occasionne l'intervention des « demoiselles du téléphone » dans la mise en communication. Il résulte en effet des deux articles rappelés ci-dessus que le système de l'Automatic Electric Co est actuellement appliqué sur 25 réseaux urbains des États-Unis, dont 10 ont, il est vrai, moins de 1000 abonnés, mais dont 14 en ont 1200 à 8000 et l'un, celui de Chicago, dessert plus de 10000 abonnés et est prévu pour en desservir 100000.

La pratique de ce système a d'ailleurs montré qu'il fonctionne très régulièrement et que les frais d'entretien des appareils du bureau central sont très inférieurs, au moins pour les grands bureaux téléphoniques, aux appointements du personnel nombreux qu'exige le mode d'exploitation généralement employé.

Il serait à souhaiter de voir bientôt l'application de ce système à Paris, où le service téléphonique est plus mauvais et plus coûteux que dans toute autre ville d'importance de même ordre. A la vérité, quelques timides essais de téléphonie automatique ont bien été faits, il y a environ deux ans, au moment où il était question d'abaisser les tarifs téléphoniques; mais ces essais ne semblent pas avoir été poursuivis. En présence des résultats acquis aux États-Unis, il importerait qu'ils fussent repris avec la ferme intention de les faire aboutir.

Dissipation des brouillards et de la fumée par les courants de haute tension.

Deux applications industrielles des courants de haute tension que publiait récemment le professeur Oliver Lodge viennent démontrer une fois de plus que les recherches de science pure ne sont pas toujours dénuées d'intérêt pratique.

L'une d'elles, décrite par l'inventeur à une récente réunion de l'Automobile and Cycle Engineers' Institute, est un dispositif d'inflammation pour moteurs à gaz et à essence présentant cette caractéristique qu'un défaut d'isolement des conducteurs entre lesquels jaillit l'étincelle d'allumage n'empêche nullement la production de cette étincelle. C'est là une qualité qui sera vivement appréciée par les « chauffeurs », qui ont trop souvent à se plaindre des ennuis résultant d'un mauvais isolement ou de l'encrassement des fils des « bougies » d'allumage. Nos lecteurs trouveront une description de cet appareil page 89 de ce numéro.

La seconde application est relative à la dissipation du brouillard et de la fumée par les décharges de haut potentiel.

Elle est basée sur un principe connu depuis longtemps ⁽¹⁾ et mis généralement en évidence dans les cours par une expérience classique, à savoir que les particules solides ou liquides en suspension dans un gaz se rassemblent puis tombent sous l'action de la pesanteur lorsqu'on soumet ce gaz à l'action d'un champ électrostatique intense. Mais songer à utiliser cette propriété pour débarrasser l'atmosphère d'une ville, ou même seulement d'un quartier, eût paru bien téméraire à tout autre qu'Oliver Lodge.

C'est en 1903 que celui-ci entreprit ses premiers essais dans cette voie. Un grand mât muni de nombreuses pointes métalliques fut installé au-dessus des toits des bâtiments de l'University College, à Liverpool; la partie métallique, soigneusement isolée du sol, était reliée par un conducteur à l'un des pôles d'une puissante machine de Wimshurst dont l'autre pôle était connecté au sol. A plusieurs reprises l'auteur put parvenir à dissiper complètement un épais brouillard dans un rayon de 50^m à 60^m autour du mât.

Ces résultats engagèrent l'auteur à tenter un essai sur la Mersey, en installant sur l'une des rives des électrodes positives, sur l'autre des électrodes négatives, mais le Conseil des Docks s'y opposa craignant que, par suite du fonctionnement capricieux des machines électrostatiques par temps humides, l'essai n'aboutit qu'à un échec. Il fallait donc trouver un moyen d'obtenir des

⁽¹⁾ Dans une communication faite à la Physical Society, de Londres, le 13 novembre 1903 (*Electrician*, t. LII, p. 173, 3 novembre 1903), Sir Oliver Lodge s'attribue le mérite d'avoir, dans des expériences effectuées en 1884 en collaboration avec J.-W. Clark, reconnu le premier cette action d'un champ électrique sur les poussières en suspension dans l'air. Mais très certainement cette observation date de beaucoup plus loin et a sans doute dû être faite par les premiers physiciens ayant fait fonctionner une machine électrostatique. Un petit appareil destiné à montrer cette action que possède le cabinet de Physique du collège Rollin permet en tous cas d'affirmer, tant par sa construction démodée que par son numéro d'inscription au catalogue du cabinet, qu'il y a au moins une quarantaine d'années que l'on connaît cette propriété du champ électrique.

différences de potentiels de l'ordre du million de volts, et constamment de même sens en utilisant les machines dynamo-électriques. Un transformateur de construction appropriée permet d'atteindre les tensions nécessaires; les redresseurs de courant fournissent le moyen d'en maintenir le sens constant. Comme redresseurs de courant, Sir O. Lodge songea aux lampes à mercure Cooper Hewitt et quelques expériences faites à Birmingham avec ces lampes et un transformateur à haute fréquence (3000 périodes par seconde) ayant donné des résultats satisfaisants, il prit un brevet (BP. 24305, 1903) récemment publié, où il décrit les dispositifs paraissant les plus aptes à la réalisation du but proposé.

Nous n'insisterons pas sur les détails de ces dispositifs (que l'on pourra trouver dans *Electrician* du 16 décembre 1904). Disons toutefois que l'appareil comprend une bobine d'induction ou un transformateur alimenté par des courants interrompus de même sens ou des courants alternatifs, deux ou quatre séries (montage de Graetz) de redresseurs montés en tension; ces séries étant connectées d'une part aux extrémités du secondaire, d'autre part aux armatures internes de deux condensateurs dont les armatures externes sont reliées entre elles, enfin de pièces polaires connectées aux armatures internes et constituées par des fils barbelés ou des plaques métalliques couvertes de pointes.

Jusqu'ici cet appareil n'a pas reçu la sanction de la pratique. Son installation serait nécessairement coûteuse et la consommation d'énergie nécessaire à son fonctionnement fort considérable. Mais si l'on songe à l'énormité de la quantité d'énergie dépensée pour l'éclairage pendant les brouillards et aux pertes considérables que fait éprouver au commerce l'arrêt ou même le ralentissement de la circulation dans les rues, les docks ou les canaux, la considération des dépenses disparaît. Aussi un Comité s'est-il formé pour étudier sa mise en pratique en certains points de Londres, où le brouillard est particulièrement intense et fréquent.

D'ailleurs la dissipation des brouillards de la Tamise n'est pas la seule application que puissent recevoir les dispositifs de Sir O. Lodge : d'autres, comme la dissipation du brouillard dans le voisinage immédiat des signaux de chemins de fer, la dissipation des poussières dans les docks où l'on manipule le guano, dans les fabriques de cêruse, dans les filatures, etc., seraient, quoique moins grandioses, tout aussi intéressantes.

Sociétés savantes et techniques.

ACADÉMIE DES SCIENCES. — A la séance du 23 janvier, outre les Notes de MM. Fery, Pellat, Massoulier et Meslin analysées dans ce numéro, p. 85 et 93, nous avons à signaler une Note de M. Langevin sur les « ions de l'atmosphère » où l'auteur résume la conférence qu'il a faite récemment à la Société de Physique (*Rev. élec.*, t. II, p. 348), et une Note de M. Danne sur un « nouveau minéral radifère » dont une analyse est donnée page 93 de ce numéro d'après une autre source.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS. — L'ordre du jour technique de la séance du mercredi 1^{er} février

appelait deux Communications. Dans l'une, M. Joly décrit quelques modifications de l'ampèremètre Carpentier permettant d'utiliser cet instrument à la mesure des puissances (voir p. 91). Dans l'autre, M. Dusaugy fait connaître les dispositifs les plus récents, employés pour protéger les lignes de transmission contre les surtensions dues aux phénomènes électriques de l'atmosphère ou à toute autre cause (voir p. 82).

Informations diverses.

GÉNÉRATION. — Les accidents survenus en 1903, en France, par suite de l'emploi d'appareils à vapeur, sont, d'après la statistique récemment publiée par le *Journal officiel*, au nombre de 32 : 16 personnes ont été tuées et 31 ont été victimes d'accidents entraînant plus de 20 jours d'incapacité de travail. 8 de ces accidents ont été attribués à des conditions défectueuses d'établissement, 15 à des conditions défectueuses d'entretien, 7 au mauvais emploi des appareils, 4 à des causes non précisées, soit au total 34 causes pour 32 accidents, 2 accidents ayant été attribués à 2 causes. 5 accidents (4 morts, 11 blessés) sont dus à des chaudières non tubulaires; 13 (3 morts, 13 blessés) à des chaudières à tubes de fumée; 7 (6 morts, 2 blessés), à des chaudières à tubes d'eau; enfin 7 (3 morts, 5 blessés), à des appareils annexes.

TRANSMISSION. — Une transmission d'énergie électrique par le système série à courant continu sous 57 000 volts va être installée par la Compagnie de l'Industrie électrique et mécanique de Genève, entre Moutiers (Savoie) et Lyon, distants de 180^{km}. La puissance à transmettre, fournie par une chute de 65^m de haut, est de 6300 chevaux; elle est destinée à l'alimentation du réseau de tramways électriques de Lyon.

TRACTION. — L'emploi de la vis sans fin pour la transmission du mouvement du moteur à l'essieu des voitures de tramways a été souvent essayé, mais sans résultat, semble-t-il. D'après l'*Electrical Review*, de Londres, un nouvel essai a été fait récemment par les ateliers d'Oerlikon sur une voiture de la ligne Rebach-Oerlikon-Zurick. Cet essai a montré que le mouvement est plus doux, plus silencieux et exempt des chocs qui sont produits par le moteur sur l'essieu dans la transmission ordinaire. La consommation du courant a été trouvée la même, le rendement moins bon de la transmission étant compensé par le meilleur rendement du moteur qui tourne à plus grande vitesse (1200 t. m.).

TELEGRAPHIE. — Une nouvelle compagnie de câbles, la Compagnie germano-néerlandaise des télégraphes, s'est constituée à Cologne le 19 juillet dernier, en vue de la pose des câbles entre Modane (Célobes) et Guam, par Jap, et entre Guam et Sanghaï. Ces câbles seront en communication avec le réseau sous-marin des Indes néerlandaises, avec le câble transpacifique américain de San Francisco aux Philippines, avec le câble allemand Sanghaï-Chefou, enfin, avec les câbles de diverses compagnies anglaises dont l'Eastern Extension Telegraph. L'Empire allemand et les Pays-Bas donneront à cette entreprise des subventions annuelles importantes.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

- I. **Permutatrices et commutatrices**, par R. ROUË, p. 97. — **Les turbines à vapeur**, par L. DRIN, p. 102.
- II. **Génération et transformation** : Sur l'allongement de l'étincelle d'une bobine d'induction à l'aide d'un conducteur auxiliaire, par T.-J. BOWLER; Courbes de courants de bobines d'induction médicales, par H. LEWIS JONES; Quelques observations sur l'effet des interrupteurs à trous, par K.-R. JOHNSON, etc., p. 105 à 107. — **Transmission et distribution** : Difficultés rencontrées dans l'exploitation des lignes à haute tension et moyens de les atténuer, par J.-F. KELLY et A.-C. BÜNKER; Les systèmes de distribution à courant continu dans les villes américaines, par ALEX. DOW, etc., p. 108 à 111. — **Applications mécaniques** : Embrayage magnétique Holden; Machine électrique d'extraction de la Compagnie des mines de Ligny-les-Aire, etc., p. 112. — **Traction** : Arroseuse électrique de la ville de Cologne, p. 113. — **Télégraphie et Téléphonie** : Observations sur le système radio télégraphique de Slaby, par O. MURANI; Système Telefunken de la Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, par PRITZNER; De la possibilité d'accorder les récepteurs de télégraphie sans fil sur les deux ondes du transmetteur; Télautographe Gray, p. 114 à 117. — **Applications thermiques**, p. 118. — **Éclairage**, p. 118. — **Électrochimie et Électrometallurgie** : Action du brome sur les alcalis et électrolyse des bromures alcalins, par HORST KRETSCHMAR, etc., p. 119 et 120. — **Mesures et essais** : L'étude directe du flux magnétique par le fluxographe, par A. BLONDEL; Ampèremètre thermique pour les courants de très faible intensité, par J. FLEMING, etc., p. 121 à 123. — **Divers**, p. 124.
- III. **Bibliographie**, p. 126.
- IV. **Variétés. Informations** : Exposition de Liège; Sociétés savantes et techniques; Informations diverses, p. 127 et 128.

PERMUTATRICES ET COMMUTATRICES (SUITE) (¹).

Nous décrirons une machine de 150 kilowatts, 250 volts, 50 périodes. Les demi-coupe et élévation de cette machine ont été données précédemment (*fig. 1* de la page 34). La figure 9 en donne une vue.

PARTIE MÉCANIQUE. ROULEMENTS. — Dans les éléments mécaniques, le montage des roulements à axe vertical présente seul quelques particularités.

Le montage vertical est rationnel pour une machine qui n'a pas à produire d'effort extérieur; mais il nécessiterait avec les dispositifs ordinaires un graissage continu pendant la marche, interrompu pendant les arrêts.

Les roulements à billes, système D. W. F., employés diminuent cette difficulté. Comme le montre la figure 10 (qui représente, couché horizontalement, l'arbre vertical de la machine), la butée à billes est à bain d'huile. D'autre part, les roulements de centrage, largement calculés, ne demandent qu'un graissage sommaire.

L'arbre est fixe, encastré d'une part dans le

sole, d'autre part dans le plateau supérieur fixé à l'arcade. Ces deux liaisons augmentent la rigidité du montage général.

Les roulements sont fixés sur l'arbre à frottement dur, et assurés par des écrous. Au contraire, ils sont ajustés à frottement doux dans le tube mobile. De la sorte, ils peuvent être enlevés d'un seul morceau avec l'arbre (*fig. 11*), quand on a retiré le plateau supérieur de l'arcade et le bouchon supérieur du tube. Cette opération peut être faite avec la plus grande facilité.

Toutes les autres pièces de la partie mécanique, en particulier en ce qui concerne le serrage des tôles et du collecteur, sont conformes à la construction courante.

INDUIT. — L'enroulement de l'induit est réparti dans 144 caniveaux pour 8 pôles, soit 36 par paire de pôles (*fig. 12*).

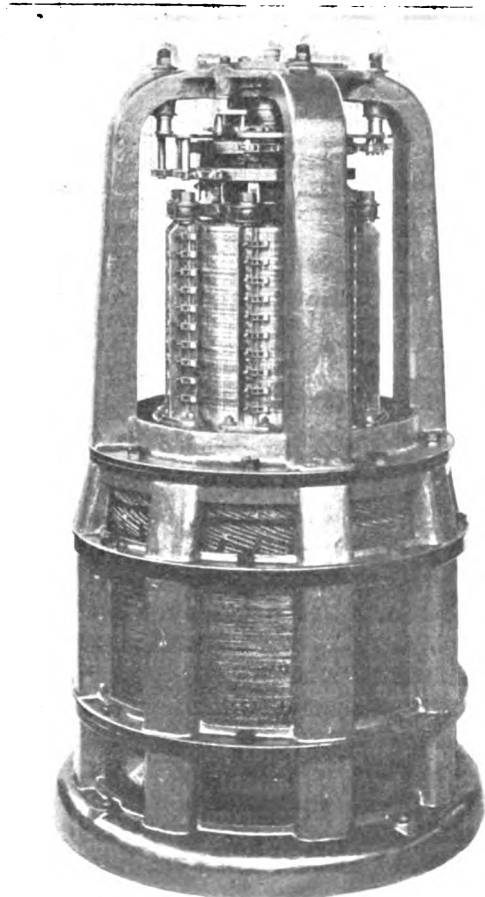
L'enroulement est connecté en parallèle. Les bobines élémentaires composant cet enroulement sont conformes au système déjà décrit. Elles comportent chacune 8 conducteurs répartis dans

(¹) Voir *La Revue électrique*, t. III, p. 33, 30 janvier 1905.

La Revue électrique, n° 28.

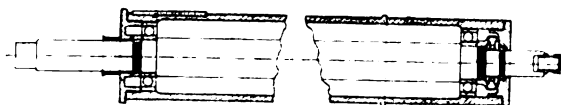
8 trous différents. Chaque trou comporte ainsi 8 conducteurs de 8 bobines différentes. Le schéma d'enroulement d'une bobine est donné à la figure 13.

Fig. 9.



Chaque bobine, comme on le voit, résulte de la mise en série de deux bobines identiques à

Fig. 10.



4 conducteurs, mais placées sous des pôles de signes contraires.

On obtient ainsi un enroulement *vectoriel symétrique*, dont les propriétés sont encore plus étendues que celles des enroulements vectoriels ordinaires : dans ces derniers, seuls les courants

diamétraux peuvent, pour le calcul des forces magnétomotrices, être assimilés à des vecteurs dont la grandeur est proportionnelle à leur intensité.

Dans les enroulements symétriques, tout courant traversant l'induit suivant une corde quelconque peut être assimilé à un vecteur dont la grandeur est le produit de l'intensité par la longueur de la corde.

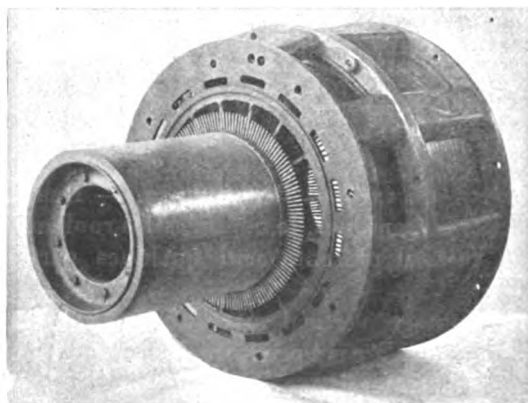
Fig. 11.



L'emploi de ces enroulements est indispensable quand la machine doit pouvoir fonctionner avec des courants triphasés simples.

Il est intéressant d'examiner avec quelle approximation cet enroulement réalise pratiquement la propriété cherchée.

Fig. 12.

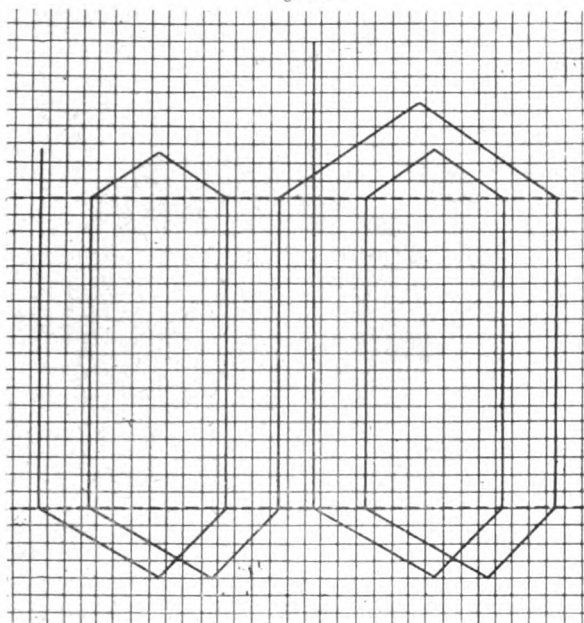


Nous donnons (*fig. 14*) les courbes, que l'on pourra d'ailleurs facilement reconstituer, représentant la force magnétomotrice par centimètre aux différents points de l'induit dans différentes circonstances.

La courbe I se rapporte à un courant unique traversant diamétralement l'induit, par exemple le courant continu débité aux balais. Cette courbe représente également la répartition résultant de trois courants hexaphasés réguliers au moment où l'un d'eux est à son maximum.

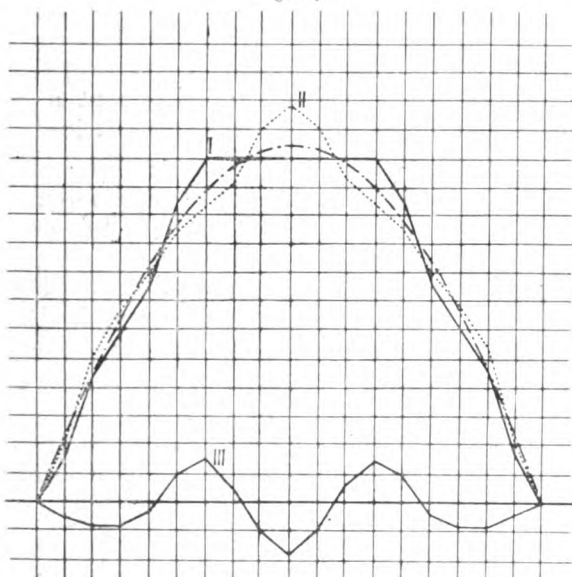
II représente la répartition des mêmes courants au moment où l'un d'eux est nul.

Fig. 13.



La courbe III représente, dans ce dernier cas, la différence entre le courant continu et les courants hexaphasés wattés de même puissance.

Fig. 14.



On a tracé également la sinusoïde moyenne.

On voit que six fois par période il n'y a aucune perturbation aux forces magnétomotrices du fait du courant débité.

Six fois par période, au moment le plus défavorable, la perturbation locale atteint environ 14 pour 100 du courant débité; mais la perturbation totalisée, qui seule intervient dans la production du champ local, est seulement de 2,1 pour 100.

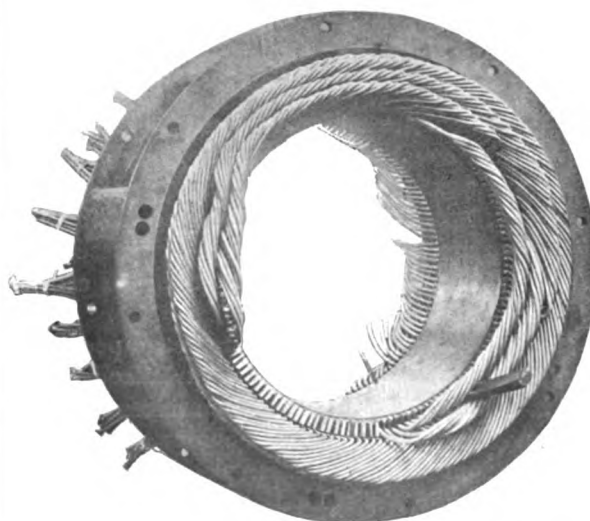
On peut se demander s'il n'est pas inutile de rechercher une aussi grande précision. Il faut toutefois voir que la perturbation doit être en réalité comparée aux forces magnétomotrices nécessaires à la production du flux normal. Pour un bon facteur de puissance, ces dernières ne doivent pas représenter plus de 20 à 30 pour 100 du courant normalement débité, et ce dernier doit pouvoir être doublé momentanément.

Dans ces conditions, la perturbation locale devient comparable aux forces magnétisantes normales, et la perturbation totalisée atteint 15 pour 100 environ.

L'expérience nous a d'ailleurs montré que les qualités de la machine dépendaient beaucoup de la plus ou moins grande exactitude de leur enroulement.

RÉALISATION. — Dans cette machine, l'enroulement est fait en fil souple sous un guipage et une tresse coton. Ce fil est tréfilé rond, et sa section réelle est de plus de 80 pour 100 de la section du plein de même diamètre. L'enroulement,

Fig. 15.



bien que très confus comme aspect une fois terminé, est très facile à faire. La figure 15 donne l'aspect de l'enroulement en cours de fabrication.

U. G. M.

Cet enroulement peut d'ailleurs être facilement réalisé en barres soudées. Dans le cas d'un enroulement double à quatre couches, cette réalisation est grandement facilitée par ce fait que les pas arrière sont tous identiques.

LIAISON AU COLLECTEUR. PARE-ÉTINCELLES. — Les liaisons des bobines au collecteur sont faites par un fil de faible section (diamètre 3^{mm}) qui, légèrement aplati, peut être facilement soudé à la lame dans une rainure fraisée.

Une lame sur deux du collecteur est seule reliée à l'induit; les lames mortes sont reliées aux lames actives qui les précèdent par une résistance enroulée sur un fil de cuivre couvert d'amiante, que l'on voit distinctement figure 12.

Par ce procédé, les étincelles inévitables au moment des synchronisations, quand les balais restent un instant appréciable en décalage complet, perdent tout effet destructeur.

L'expérience nous a montré que le fonctionnement d'un tel collecteur était au moins aussi bon que si toutes les lames étaient reliées à l'induit. Bien qu'en apparence la section utile pour la captation du courant soit diminuée de moitié, l'échauffement est plus faible, car il est dû surtout aux courants de circulation sans balai, que ce procédé annule presque entièrement.

MOTEUR DES BALAIS. — La figure 16 est une vue de la pièce mobile qui sert de moteur aux balais. Au collecteur près, elle est identique à un induit de dynamo avec bobines amovibles enroulées sur calibre.

Chaque bobine est de 60 tours de fil $\frac{6}{10}$ isolé entre deux couches de coton fin. L'enroulement sur les calibres gauches ordinaires serait long et onéreux. Mais la finesse du fil donne à la bobine une souplesse suffisante pour qu'on puisse l'enrouler rapidement au tourniquet sur un calibre plan.

La bobine plane, ainsi obtenue, et guipée d'une couche de tresse de coton, prend très facilement, en la mettant en place, la forme nécessaire à la juxtaposition régulière des bobines successives.

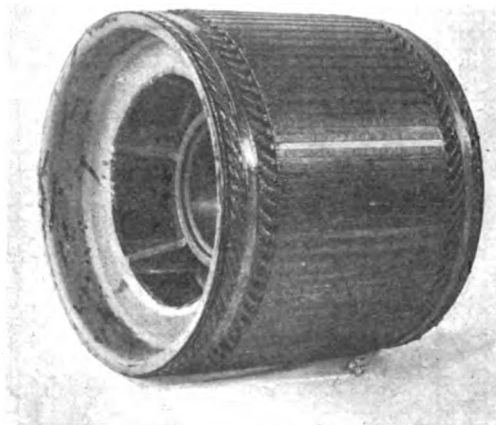
Elles sont maintenues en place par des languettes de cuivre glissées dans deux rainures pratiquées après coup sur l'angle supérieur des dents.

Les parties extérieures aux tôles sont appliquées par des frettes sur deux supports venus de fonte avec la carcasse et le cercle de serrage.

Ce mode de construction est très robuste et particulièrement économique.

Les bobines sont reliées suivant un schéma analogue à celui d'un induit de dynamo en série.

Fig. 16.



Deux connexions distantes d'un intervalle polaire sont reliées au courant continu fourni par les balais.

Deux autres connexions distantes également d'un intervalle polaire et à un demi-intervalle des deux premières sont reliées l'une à l'autre en permanence.

Pendant le commencement du démarrage, les différences de potentiel aux balais sont négligeables en regard des forces électromotrices induites dans les circuits de la pièce mobile. Cette dernière joue alors le rôle d'un rotor diphasé en court-circuit, et développe un couple très énergique.

Il faut remarquer d'ailleurs qu'aucune différence de potentiel dangereuse ne saurait s'établir, par suite même de ce court-circuit, car dans chaque spire la force électromotrice induite est équilibrée par la chute ohmique.

Quand le synchronisme est établi, la différence de potentiel aux balais agit seule et la pièce mobile se comporte comme un inducteur de moteur synchrone.

Par suite de l'isotropie magnétique de la pièce, aucune considération de réluctance variable n'intervient dans le calcul du couple.

En supposant le champ tournant constant, il est proportionnel au sinus de l'angle de retard et à



l'intensité d'excitation. Cette dernière est d'autre part, pour une même résistance r du circuit, proportionnelle à la tension continue, soit au cosinus de l'angle de retard des balais.

Si α est le retard du moteur, β le calage des balais par rapport au moteur, ce dernier angle est $\alpha + \beta$, donc

$$C = \frac{A}{r} \sin \alpha \cos(\alpha + \beta) = \frac{A}{2r} [\sin(2\alpha + \beta) - \sin \beta].$$

Il est facile de voir que le couple est maximum pour $\alpha = \frac{\pi}{4} - \frac{\beta}{2}$, et que, pour un couple résistant donné, il y a deux positions d'équilibre dont une seule stable est la position de marche.

Étant donnée la formule du couple, les oscillations suivront la loi du pendule dans son cas le plus général; leur durée pourra être réglée s'il y a lieu par la valeur de la résistance r .

Tant que ces oscillations n'entraînent pas de retard important du moteur, ce qui est toujours le cas, elles n'entraînent aucune force électromotrice sensible entre les points d'injection de courant dans le moteur.

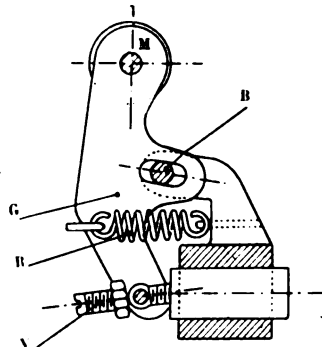
Au contraire, la force électromotrice développée entre les points en court-circuit est maximum, et les courants qui en résultent donnent un amortissement très énergique. En fait, il est toujours surabondant.

BALAI MOBILE. — La force centrifuge est, principalement pour les machines de faible puissance, un inconvénient sérieux de l'emploi des balais mobiles. Remarquons que, pour des balais en charbon, la pression par centimètre carré doit être de 200^g environ. Le poids du charbon varie de 6^g à 10^g par centimètre carré. Un effort centrifuge de vingt fois le poids pourra suffire à soulever des balais normalement appliqués. Pour une vitesse périphérique acceptable de 15^m, on sera ainsi conduit à un collecteur de 2^m environ de diamètre, si l'on veut que les deux effets soient comparables. Cela ne sera guère possible qu'avec une machine d'une puissance considérable. Une compensation soignée est donc nécessaire. La figure 17 représente le modèle de balai employé. Le charbon, guidé dans une mortaise, est poussé par l'appui de la vis V fixée au chien VM. Ce chien porte une masse compensatrice M telle que le centre de gravité de l'ensemble chien et balai

soit en G entre la butée fixe B et le point d'attaque d'un ressort à boudin R.

Ceci posé, tant que la force centrifuge n'est pas suffisante pour amener la butée à fond de

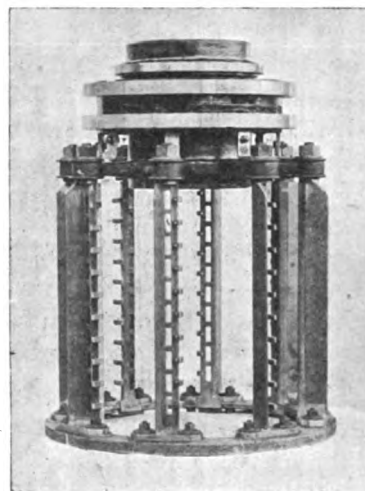
Fig. 17.



course, le ressort se tend de plus en plus et l'appui sur le charbon, déduction faite de la force centrifuge, croît.

Quand la butée arrive à fond de course, l'action de la force centrifuge sur le charbon est prépondérante et diminue graduellement la pression.

Fig. 18.



On peut ainsi conserver une pression assez constante dans de grandes limites de variation du coefficient centrifuge. On règle d'ailleurs facilement avec la vis V la tension initiale du ressort⁽¹⁾.

Nous adoptons comme limite du coefficient

(1) Ce système est analogue comme principe au système décrit (*Eclairage électrique*, t. XXVIII, p. 186, 3 août 1901), mais mieux adapté à l'emploi de balais en charbon.

centrifuge que l'on peut ainsi compenser avec sécurité $1500 \frac{m}{s^2}$, tout au moins pour les machines normales.

Pour une période et un nombre de pôles donnés, cette condition limite le diamètre du collecteur, et par conséquent l'intervalle entre balais de polarité différente.

Comme l'expérience nous a montré qu'il ne fallait guère dépasser 15 volts par centimètre de distance, on en déduit les Tableaux ci-dessous pour différentes fréquences.

TABLEAUX DES COLLECTEURS ET TENSIONS
POUR DIFFÉRENTES FRÉQUENCES ET NOMBRES DE PÔLES.

Fréquence 25.				
Nombre de pôles.	Diamètre du collecteur. cm	Arc polaire. °	Vitesse périphérique. m : s	Tension. volts
2	13	20	10	300
4	52	40	20	600
6	117	60	30	900

Fréquence 40.				
Nombre de pôles.	Diamètre du collecteur. cm	Arc polaire. °	Vitesse périphérique. m : s	Tension. volts
2	5	8	6,40	120
4	20	16	13	240
6	45	24	19	360
8	80	32	25	480
10	125	40	32	600

Fréquence 50.				
Nombre de pôles.	Diamètre du collecteur. cm	Arc polaire. °	Vitesse périphérique. m : s	Tension. volts
2	3,5	5	5	75
4	13	10	10	150
6	30	15	15	225
8	52	20	20	300
10	80	25	25	375
12	117	30	30	450

R. Rougé.

LES TURBINES A VAPEUR (1).

APPLICATIONS DIVERSES.

APPLICATION DES TURBINES A LA PROPULSION DES NAVIRES. — Bien que cette application ne soit pas du domaine de l'Électricité, nous avons cru nécessaire d'en dire quelques mots.

Nous avons vu au début de cette étude que c'était à M. Parsons qu'étaient dues les premières tentatives faites dans cette voie, et en fait presque toutes les turbines installées aujourd'hui sur les navires sont des turbines Parsons.

Les turbines de mer sont, en principe, identiques aux turbines de terre, mais elles en diffèrent par certains détails de construction, en particulier par la suppression des pistons compensateurs devenus inutiles, la poussée axiale étant directement compensée par celle des propulseurs.

Deux difficultés importantes se rencontrent dans l'application des turbines à la propulsion des navires :

La première est relative à la marche arrière, la seconde au phénomène appelé *cavitation*.

Pour les manœuvres et les accostages il est indispensable de pouvoir marcher dans les deux sens; les turbines n'étant pas réversibles, on a dû adjoindre, à la turbine de marche avant, une turbine, ordinairement plus petite, pour la marche arrière. M. Parsons a placé ces deux turbines sur le même arbre en tandem et un même jeu de tiroir sert à l'admission dans l'une ou l'autre.

Une autre disposition consiste à employer une turbine double télescopique, dans laquelle la turbine de marche arrière est disposée à l'intérieur de la turbine de marche avant, l'enveloppe de celle-ci étant reliée à la partie tournante de la turbine de marche avant; cette disposition a le grand avantage de diminuer l'encombrement; par contre la construction est plus difficile.

Quant au phénomène de la cavitation il con-

(1) Voir *La Revue électrique*, t. III, p. 38 et 68, 30 janvier et 15 février 1905.



siste, comme l'on sait, en la production d'une chambre d'eau à l'intérieur de laquelle tourne l'hélice; sans produire aucun travail, lorsque la vitesse de l'arbre moteur dépasse une certaine limite. Ce phénomène, assez mal connu jusqu'en ces dernières années, a été étudié d'une façon très complète par M. Parsons.

Pour éviter le phénomène de la cavitation, il faut diminuer autant que possible le nombre des révolutions de l'arbre moteur et les diamètres des hélices. On y arrive en fractionnant la détente de la vapeur entre plusieurs turbines dont chacune d'elles porte un arbre muni de deux hélices de faible diamètre.

C'est ainsi que le bateau *The Queen*, mis récemment en service entre Calais et Douvres, possède cinq turbines dont trois pour la marche avant, une à haute pression dans l'axe du navire et les deux autres à basse pression de part et d'autre de la précédente. Enfin deux turbines de dimensions plus restreintes servent pour la marche arrière.

Un inconvénient des turbines à bord réside dans leur fonctionnement peu économique aux faibles vitesses. Cet inconvénient est peu grave pour les paquebots qui doivent réaliser la vitesse maxima pendant tout le cours du voyage, mais il l'est beaucoup plus pour les navires de guerre qui doivent restreindre leur vitesse de marche pendant les manœuvres, et qui ont intérêt à économiser leur provision de combustible pour augmenter leur rayon d'action.

On est parvenu à tourner cette difficulté en adjoignant aux turbines principales des turbines plus petites, qu'on n'utilise pas pendant la marche à grande vitesse, et qui reçoivent seules de la vapeur vive pendant la marche lente. Elles envoient alors leur vapeur d'échauffement dans les turbines principales.

Un autre moyen consiste à disposer sur le prolongement des turbines à basse pression deux petites machines à pistons pouvant être débrayées pendant la marche normale et qui ne servent que pour les vitesses inférieures à 15 nœuds. Cette dernière disposition a été employée par l'amirauté anglaise sur le contre-torpilleur *Velox*.

On voit que l'application des turbines à propulsion des navires nécessite une mise au point à laquelle tous les constructeurs travaillent actuellement. Bien que le problème ne soit pas encore

résolu d'une façon tout à fait satisfaisante tout au moins pour certains points de détails, il y a déjà à bord plus de 300 000 chevaux avec des turbines Parsons, en y comprenant trois navires de la C^{ie} Cunard dont les deux derniers viennent d'être mis en chantier et qui réaliseront une vitesse de 25 nœuds avec une puissance totale de 70 000^{chx}.

Toutes les marines militaires étudient l'emploi des turbines sur les navires de guerre. En France trois torpilleurs sont équipés avec les turbines d'origines différentes dans un but de comparaison : le torpilleur 293 avec des turbines Parsons, le torpilleur 243 avec des turbines Rateau, le torpilleur 294 avec des turbines Bréguet.

APPLICATION AUX POMPES ET AUX VENTILATEURS.

— Une autre application très intéressante des turbines à vapeur est celle qui en a été faite à la commande des pompes et des ventilateurs.

Turbo-pompes. — Le problème qui consiste à actionner une pompe centrifuge par une turbine n'est pas aussi simple qu'on pourrait croire. Les grandes vitesses qu'on peut donner aux pompes centrifuges facilitent certainement ce genre d'application, mais dès qu'on dépasse une vitesse déterminée, pour un débit et une hauteur d'élévation donnés, le rendement de la pompe diminue énormément. Il arrive un moment, en effet, où le fluide ne peut plus suivre les aubes mobiles de la pompe, il se forme alors un véritable phénomène de cavitation absolument analogue à celui qu'on rencontre avec les hélices.

Il est donc indispensable, lorsqu'on veut commander une pompe centrifuge par une turbine à vapeur, de mettre en charge ladite pompe au moyen d'une pompe accessoire ou nourricière qui produit le débit normal, avec une hauteur d'élévation moindre.

Pour éviter le phénomène de cavitation avec cette pompe nourricière, il faut la faire tourner à une vitesse moindre que la pompe principale, en interposant entre elle et la turbine un engrenage de réduction.

Pour remédier à ces inconvénients, M. Rateau a imaginé une pompe multicellulaire, du même type que sa turbine (1).

(1) J. REY, Communication à la Société des Ingénieurs civils de France, 18 mars 1904. — RATEAU, *Ventilateurs et pompes centrifuges pour hautes pressions* (*Bulletin de la Société de l'Industrie minière*, 1^{re} livraison, 1902).

La pompe multicellulaire Rateau est constituée par un ou plusieurs corps renfermant une série de roues mobiles et de diffuseurs fixes, permettant d'additionner successivement les pressions de chaque roue pour arriver à la pression totale.

En employant une telle combinaison on peut, pour la même vitesse angulaire, supprimer le phénomène de la cavitation, ou tout au moins en reculer les limites.

D'autre part, en commandant la pompe ainsi combinée par une turbine multicellulaire, on peut abaisser notablement la vitesse, pour les mêmes conditions d'emploi, et placer sur le même arbre la pompe nourricière qui se trouve faire corps avec la pompe principale.

En employant un groupe de ce genre, M. Rateau a pu élever 250^m à l'heure à 360^m de hauteur.

Ces turbo-pompes peuvent s'appliquer avantageusement à l'alimentation des chaudières. Ils consomment environ cinq fois moins de vapeur que les petits chevaux alimentaires ordinairement employés.

Turbo-ventilateurs. — Les grandes vitesses angulaires des turbines à vapeur les rendent particulièrement aptes à la commande des ventilateurs à haute pression pouvant jouer le rôle de machines soufflantes ou de compresseurs.

M. Rateau a réalisé un turbo-ventilateur pour hauts fourneaux en réunissant en parallèles deux groupes formés par l'accouplement d'une turbine à vapeur à simple roue à un ventilateur; chaque ventilateur fournissant la pression totale et la moitié du débit.

Ce turbo-ventilateur occupe un espace de 7^m alors que la machine soufflante qu'il remplace nécessitait un emplacement de 164^m.

CONCLUSION. — Les nombreux avantages des turbines à vapeur expliquent suffisamment pourquoi ces ingénieuses machines ont pris en peu de temps une place aussi importante dans l'industrie moderne. Est-ce à dire pour cela que les turbines doivent supplanter complètement les machines à pistons. Nous ne le pensons pas.

Quelques ingénieurs prétendent que la machine à vapeur est arrivée aujourd'hui à l'apogée de son développement et que les seuls perfectionnements qu'on peut lui apporter sont relatifs à des détails de construction. Il nous semble prématuré d'affirmer qu'après la condensation, les détentes multiples et la surchauffe, le dernier mot a été dit quant à l'utilisation de la vapeur dans les machines à pistons, car nul ne saurait fixer un terme au progrès; mais il est indiscutable que la machine à vapeur a vu surgir devant elle deux concurrents redoutables qui vont lui disputer sa place prépondérante dans le domaine industriel. Ces deux concurrents sont la turbine et le moteur à gaz.

Ce dernier peut lutter avec le moteur à vapeur pour toutes sortes d'applications, pour les puissances les plus faibles comme les plus grandes, et les progrès qu'il a réalisés en peu de temps font pressentir l'avenir qui lui est réservé.

En l'état actuel de la question, les turbines à vapeur présentent encore certains points défectueux que la pratique fera bientôt disparaître; mais, telles qu'elles sont, elles peuvent déjà lutter avec les machines à pistons de moyenne puissance et sont appelées à supplanter complètement les machines alternatives dans les grandes stations centrales modernes. Pour les petites puissances, au-dessous de 300 chevaux, la machine à mouvements alternatifs reprend l'avantage.

En un mot le petit moteur à vapeur reste quand même l'auxiliaire indispensable de la petite industrie partout où, pour une raison quelconque, un moteur électrique ne peut être branché sur un réseau de distribution d'énergie.

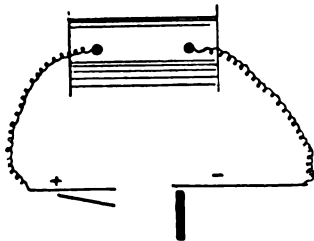
Il nous paraît donc téméraire d'affirmer, quant à présent, que la vieille machine de Watt va bientôt être reléguée à l'état de souvenir dans les musées. La Mécanique moderne a maintenant à sa disposition un engin nouveau, répondant à de nouveaux besoins, mais elle ne saurait se priver totalement des services d'un auxiliaire auquel elle est redevable en somme de son prodigieux développement.

L. DRIN.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS (').

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Sur l'allongement de l'étincelle d'une bobine d'induction à l'aide d'un conducteur auxiliaire, par T.-J. BOWLKER (*Phil. Mag.*, 6^e série, t. VIII, p. 487-497, octobre 1904). — Lorsqu'on approche un conducteur isolé des fils entre lesquels éclate l'étincelle d'une bobine d'induction, on observe fréquemment que les étincelles obtenues sont plus longues qu'elles ne le sont en l'absence du conducteur isolé. — Si le conducteur isolé est placé près du fil positif, comme l'indique la figure, on observe une notable augmentation de la longueur d'étincelle, mais si le même conducteur est placé près du fil négatif, on n'obtient aucune augmentation.



Au contraire, si le conducteur auxiliaire est perpendiculaire au fil négatif, il se produit une augmentation de l'étincelle, tandis que le résultat est moindre quand le même conducteur est près du pôle positif. L'effet produit par le conducteur auxiliaire, perpendiculaire au fil négatif, disparaît quand la distance du conducteur au fil atteint trois fois les longueurs d'étincelles. D'une manière générale l'action du conducteur auxiliaire varie avec la longueur d'étincelles, la forme et la distance des électrodes et du conducteur auxiliaire, et aussi avec la capacité du condensateur primaire. — L'augmentation des étincelles cesse si l'on interpose un écran en mica entre le conducteur auxiliaire et les électrodes entre lesquelles jaillissent les étincelles; de même, si le conducteur isolé est recouvert de paraffine, à moins que celle-ci soit percée d'un petit trou vers l'extrémité du conducteur.

Le Tableau suivant montre la grandeur des effets obtenus. Le courant étant réglé, on a mesuré la longueur maximum des étincelles (longueur normale), puis on a ajouté le conducteur auxiliaire et observé de nouveau l'étincelle maximum.

Longueur normale.	Longueur avec conducteur auxiliaire au pôle.	
	+	-
16	25	23
23	39	36
34	60	59
40	66	65
62	89	86
98	133	130
118	135	135

Il est difficile de résumer les expériences indiquées dans les dix pages de ce Mémoire; contentons-nous d'indiquer que l'auteur attribue ces phénomènes à l'ionisation du milieu dans lequel éclatent les étincelles, la présence du conducteur auxiliaire ayant pour effet d'augmenter le nombre des ions dégagés. H. A.

Courbes de courants de bobines d'induction médicales, par H. LEWIS JONES (*The Electrician*, t. LIV, p. 108, 4 novembre 1904). — L'auteur a lu devant le Congrès annuel de la British medical Association, tenu à Oxford en juillet 1904, une Note sur un travail fait par lui en collaboration avec les D^{rs} Head et Reginald Morton; c'est une étude sur la forme du courant fourni par les bobines médicales, faite à l'aide de l'oscillographe Duddell. — Les deux premières courbes se rapportent à l'établissement et à l'inversion du courant dans une bobine de self-induction; elles montrent l'influence du noyau de fer (*fig. 2*) sur la rapidité d'établissement du courant. — Les interrupteurs des petites bobines médicales laissent beaucoup à désirer, la rupture et le contact ne se produisent pas franchement; la figure 3 montre plusieurs essais de fermeture du circuit dus à des vibrations du marteau. — Dans la figure 4 on voit la forme du courant primaire (courbe supérieure) et celle du courant induit dans le circuit secondaire (courbe inférieure) dans une bobine sans noyau de fer. Les courants induits de fermeture et de rupture durent peu ($\frac{1}{300}$ et $\frac{1}{400}$ de seconde), la vitesse de l'interrupteur était dans ce cas 80 vibrations par seconde; les deux courants induits sont du même ordre de grandeur. Quand on introduit le noyau de fer dans la bobine on obtient la figure 5; la durée d'établissement du courant et la durée des courants induits sont beaucoup prolongées; la différence entre le courant induit de fermeture et celui de rupture s'accroît. Si la vitesse de l'interrupteur augmente, il peut arriver que la fermeture du circuit se produise avant que le courant induit de rupture ait disparu, on obtient alors la courbe (*fig. 6*). — La figure 7 représente la forme de courant induit que l'auteur considère comme la plus favorable pour les applications médicales: l'élévation et la chute sont brusques et il y a un repos très marqué entre chaque couple d'impulsions. La bobine qui donne ce résultat n'a pas de noyau de fer; si l'on vient à en introduire un, la dissymétrie reparait (*fig. 8*). — Les différentes courbes montrent que la durée des courants induits n'est pas négligeable et il résulterait des travaux du D^r Head qu'une décharge de longue durée est plus douloureuse qu'une de courte durée et que pour exciter les nerfs d'un sujet les impulsions les plus brèves sont les meilleures. Partant de ces considérations les auteurs pensent que le noyau de fer des bobines médicales a des effets fâcheux qu'il faut chercher à atténuer. De plus, les irrégularités des interrupteurs à marteau rendent la mesure des courants induits à peu près illusoire. Pour éviter les inconvénients du fer et ceux du marteau, M. Lewis Jones a construit un interrupteur mécanique qui donne des courants alternatifs de fréquence variable à volonté; la courbe 1 donne la forme du courant fourni par cet interrupteur.

(') Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (I^{er}). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes: BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

Faisons observer que le Mémoire ci-dessus ne donne malheureusement pas certaines indications qui seraient très nécessaires pour apprécier la valeur des courbes. Il serait utile de connaître la grandeur des intensités mesurées, la rési-

stance des bobines employées et celle du circuit extérieur, les coefficients d'induction. La forme des courbes, dans la figure 6 en particulier, semble montrer que le secondaire de la bobine est fermé en court-circuit sur l'oscillographe, ce

Fig. 1, 3, 5, 7.

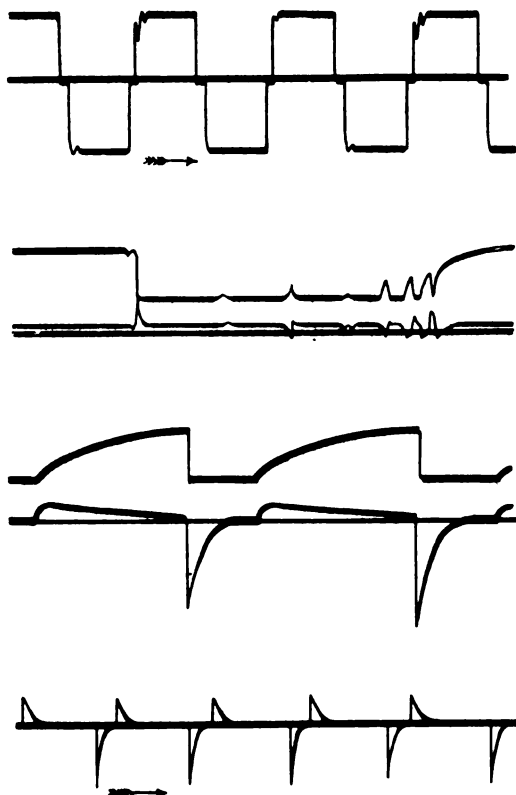
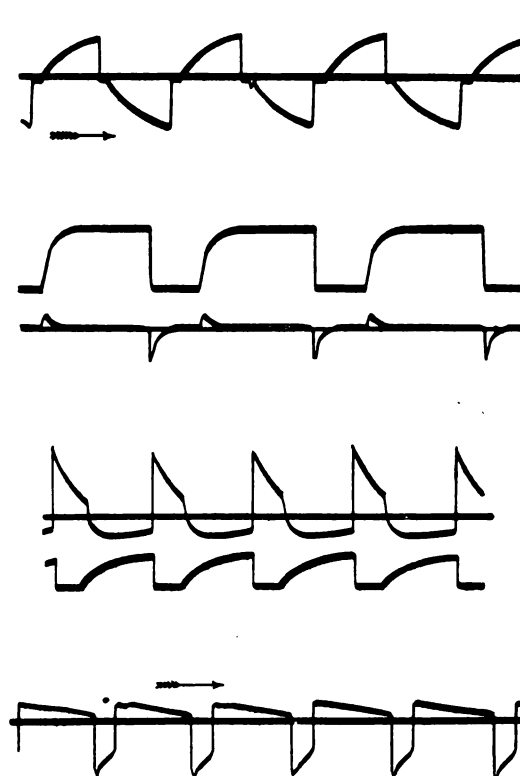


Fig. 2, 4, 6, 8.



qui expliquerait la durée relativement considérable du courant induit. Il semble prématuré de conclure de ce cas particulier que les choses se passent ainsi en pratique; lorsque le secondaire est fermé sur une résistance équivalente à celle du corps humain, laquelle est ordinairement très grande par rapport à celle de la bobine, la durée du courant induit doit être moindre et la différence entre le courant de fermeture et celui de rupture doit être plus grande. H. A.

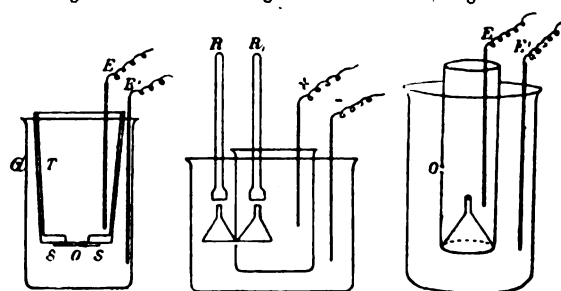
Quelques observations sur l'effet des interrupteurs à trous, par K.-R. JOHNSON (*Physikalische Zeitschrift*, t. V, p. 743, 1^{er} novembre 1904). — Contrairement aux recherches ordinaires qui ont toutes été faites sur des circuits de bobines d'induction, celles de Johnson l'ont été sur des circuits composés uniquement de la batterie, de l'interrupteur et des fils de connexion. — Le premier dispositif employé se compose d'un vase en verre percé à la partie inférieure d'un trou de 1^{mm} de diamètre, contre lequel on fixe un disque d'une substance isolante telle que mica, verre, papier vernis ou enduit de cire à cacheter, etc.; le disque est lui-même percé d'un trou de 1^{mm},5 environ. Ce vase est placé dans un autre plus grand et les deux sont remplis d'une solution d'alun acidulée par de l'acide sulfurique. Deux électrodes en aluminium sont plongées dans les vases et connectées à une batterie d'accumulateurs donnant 110 volts. Cette disposition a permis de constater que l'épaisseur de

la paroi dans laquelle le trou est percé a peu d'influence sur la marche de l'interrupteur; une simple feuille de mica donne des résultats à peu près équivalents à ceux d'une feuille de verre de 0^{mm},8 d'épaisseur. — On peut se faire une

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.



idée de la température atteinte dans le trou de l'interrupteur par les observations suivantes: avec le papier enduit de cire à cacheter, le trou affecte la forme d'un cratère par suite de la fusion de la cire des bords, tandis que le papier vernis n'est pas altéré, donc la température atteinte est intermédiaire entre celle de la fusion de la cire et celle

de la carbonisation du papier. Ce qui modère cette température c'est qu'un courant liquide traverse constamment le trou et le refroidit. — L'auteur pensait qu'en plaçant le trou au fond du vase, les bulles gazeuses se dégageraient vers le haut où elles pourraient être recueillies et il fut étonné de voir une partie de ces bulles monter tandis que l'autre descendait pour se rassembler au-dessous du disque et ensuite remonter en obstruant le trou. Cet effet tient à ce que le trou se dirige tantôt en haut, tantôt en bas. L'observation des courants liquides est plus facile à faire quand le liquide renferme très peu d'acide. — Afin de pouvoir recueillir les gaz dégagés, M. Johnson dispose deux entonnoirs contre la paroi d'un vase en verre (fig. 2), au-dessus d'un petit trou percé dans cette paroi; des tubes fermés placés au-dessus reçoivent les gaz. L'observation montre que le factage des gaz dégagés se fait irrégulièrement et dépend de l'inclinaison des trous; la plus grande quantité va du côté où l'ouverture est la plus élevée et, si le trou est horizontal, la bulle y reste et coupe le circuit; il faut, pour la faire sortir, ouvrir le commutateur qui relie l'interrupteur à la batterie. — En essayant le gaz recueilli sur la potasse et l'acide pyrogallique, on voit qu'il y a seulement une partie d'oxygène pour quatre d'hydrogène. Cette proportion peut n'être qu'apparente, car on constate une forte odeur d'ozone et il est possible qu'une partie de l'oxygène qui semble disparaître soit simplement à l'état d'ozone dissous dans l'électrolyte. De ce qui précède l'auteur conclut que l'interrupteur à trous fonctionne par la formation de bulles gazeuses et que la vapeur n'y joue aucun rôle. — En combinant l'interrupteur à trou avec l'interrupteur à vapeur qu'il a décrit précédemment (*Revue électrique*, t. II, 30 sept. 1904, p. 191), M. Johnson réalise le dispositif de la figure 3. Le vase intérieur est un tube de verre de 30^{mm} de diamètre, fermé en bas par un entonnoir renversé et percé latéralement, en o, d'un petit trou. Pour obtenir des bulles de vapeur dans le tube de l'entonnoir il faut 60 volts ou plus; au-dessous, pour 20 à 30 volts, la vapeur manque complètement et il se forme des bulles de gaz dans le trou o, bien que l'ouverture de l'entonnoir ait une section dix fois plus grande que le trou.

H. A.

Pile hermétique à liquide immobilisé, par PHILIPPE DELAFON (Brevet français 342264 du 13 avril 1904, avec 6 figures). — La pile se compose de deux lames de charbon sur les deux faces desquelles sont appliqués les agglomérés entourés d'un tissu léger maintenu par ficelage. Ces deux parties de l'électrode positive sont reliées en quantité par des pincettes en métal fondu (zinc) coulées sur la tête des charbons puis soudées entre elles. Cette connexion étant à l'intérieur de la pile ne peut pas se déranger. La négative est une lame de zinc offrant en plan la forme d'un S dont les branches entourent les deux électrodes positives. L'élément est monté dans une boîte en bois dans laquelle on verse l'électrolyte pâteux qu'on surmonte, lorsqu'il a fait prise, d'une couche de matière isolante (résine). On applique ensuite le couvercle qui laisse passer les prises de courant. Pour isoler la négative des positives, des perles en verre sont portées par le fil qui entoure les deux agglomérés des électrodes positives.

Pile à liquide immobilisé, SOCIÉTÉ DE LA PILE BLOC (Brevet français 344105 du 17 juin 1904, avec 2 figures). — L'électrode positive est constituée par un certain nombre (35 à 40) de charbons à lumière, disposés en couronne, et dont les extrémités sont noyées dans une couronne en plomb ou en charbon moulé. L'électrode négative comprend deux couronnes de zinc en baguettes ou en lame cylindrique placées de chaque côté du charbon. Le dépolarisant, bioxyde de manganèse aggloméré, est intercalé entre chaque couronne de zinc et la couronne de charbon. Pour immobiliser

le liquide, on se sert ici d'amiant en fibre ou en poudre imbibée de la solution de chlorhydrate d'ammoniaque. L'enveloppe extérieure peut être prise en peau de bouc tannée et durcie qui reste bien imperméable.

Fabrication des électrodes dépolarisantes pour piles et produit nouveau qui en résulte, par PHILIPPE DELAFON (Brevet français 342305 du 14 avril 1904, avec 7 figures). — Pour fabriquer l'électrode positive constituée par un charbon entouré du mélange dépolarisant enfermé dans un sac, on prend un tissu cylindrique dans lequel on entre, avec un peu de jeu, un cylindre moulé du mélange (charbon et bioxyde de manganèse, par exemple). On place alors le cylindre et son sac dans un deuxième moule qu'on porte sous la presse hydraulique; celle-ci force à descendre au milieu du moule un poinçon d'acier de dimensions convenables. L'aggloméré est refoulé dans toute sa hauteur à l'intérieur du sac en toile, ce qui assure un contact intime entre ces deux matières tandis qu'il reste un trou central. Dans ce trou on introduit, au moyen d'un balancier ou d'une presse, le noyau de charbon muni de sa prise de courant. On peut recouvrir le dessus d'une couche isolante : résine, vernis, etc.

BREVETS RÉCENTS.

Machines génératrices : BEHREND et POMEROY. USAP. 780085, 14 mai 1904 (machine dynamo-électrique). — BIRMAN. USAP. 777833, 6 février 1904 (machine statique). — HOWORTH. BP. 22368, 1903 (production de courants intermittents). — MICHEL. BF. 347941, 15 nov. 1904 (application de la stéatite à la construction des collecteurs des magnéto- et dynamo-électriques). — POHL. DRP. 158505, 6 avril 1904 (machine électrique). — SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES. BF. 348027, 19 nov. 1904 (perfectionnement dans la construction des dynamos à grande vitesse). — WARDEN-STEVENS. BP. 27316, 1903 (alimentateur automatique). — ZANI. BF. 347660, 4 nov. 1904 (bâti d'inducteurs pour alternateurs).

Machines transformatrices : ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. DRP. 158389 et 158390, 22 mai 1904 (transformation de courant continu en courant alternatif et redresseur à gaz ou à vapeur). — CHARBONNEAUX. BF. 347024, 13 oct. 1904 (transformateur des courants de haute fréquence en effluves statiques). — CHRISTOPH. USAP. 777496, 15 mai 1903 (appareil d'induction). — FISH. USAP. 779996, (bobine d'inductance). — LAHMEYER et Co. DRP. 158698 et 158699, 24 déc. 1903 et 18 fév. 1904 (transformateur).

Piles : CZANYI, KLUPATHY et BARCZAY. BF. 347463, 27 oct. 1904 (élément galvanique renversable). — GREGORY. BF. 347132, 16 oct. 1904 et BP. 21894, 1904 (pile sèche à régénération). — HASKEL. BF. 347495, 27 oct. 1904 (pile thermo-électrique). — HOWORTH. BP. 23095, 1904 (pile thermo-électrique). — WOLF junior et Co. BF. 347671 et 347676, 5 nov. 1904 (pile thermo-électrique à foyer et procédé d'assemblage intime des deux métaux d'un élément thermo-électrique).

Accumulateurs : DE LA CROIX et JOEL. BP. 25114, 1904, (accumulateur). — GOTTFRIED HAGEN. DRP. 158800, 17 oct. 1903 (accumulateur). — LEITNER. BP. 27399, 1903 (plaques d'accumulateurs). — MOUTERDE. BF. 347492, 29 oct. 1904 (accumulateur cylindrique avec dispositif particulier des électrodes). — ZIEGENBERG. BF. 347297, 12 oct. 1904 et BP. 19266, 1904 (procédé de préparation par immersion des plaques de peroxyde de plomb).

Divers : BOUDREAUX. BF. 347305, 11 nov. 1904 (balais lubrifiants pour dynamos). — PRIEST. USAP. 776546, 19 avril 1902 (porte-balai). — WOEHR. USAP. 777709, 13 mai 1904 (porte-balai).

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Difficultés rencontrées dans l'exploitation des lignes à haute tension et moyens de les atténuer, par J.-F. KELLY et A.-C. BUNKER. Mémoire présenté au Congrès international de Saint-Louis, 13 pages.

En discutant les conditions qui affectent et limitent l'exploitation des lignes à haute tension, les auteurs considèrent seulement les tensions au-dessus de 30000 volts et les lignes d'une longueur de plus de 50 miles (80^{km}.)

Comme une certaine incertitude règne encore sur le maximum réalisable, on devrait toujours, d'après eux, organiser le matériel élévateur et le matériel abaisseur de tension, de façon que des tensions de 30000, 40000, 50000, 60000 volts puissent être successivement abordées en ligne, après essais, la tension génératrice et la tension réceptrice n'étant naturellement pas modifiées ⁽¹⁾.

Les isolateurs doivent être à cloches aussi ouvertes que possible, donnant libre accès à l'air atmosphérique et permettant un nettoyage à la main facile ⁽²⁾.

Les essais ne donnent pas une sécurité absolue; des isolateurs essayés à 120000 volts ont donné lieu à des désagréments à 40000 volts; d'autres, essayés à 40000 volts, avec immersion, se sont montrés insuffisants pour 13000 volts. Le principal mérite de l'essai est de déterminer si les différentes parties sont homogènes et bien soudées les unes aux autres ⁽³⁾.

Le parafoudre Siemens, avec résistance en série, paraît à l'auteur ce qu'il y a de plus efficace. Un des meilleurs moyens de dissiper les charges induites par les perturbations atmosphériques est d'avoir une charge répartie sur la ligne avec montage en étoile (centre à la terre).

⁽¹⁾ On peut dire que, même en se plaçant dans les meilleures conditions climatiques, on ne peut dépasser, pour une exploitation régulière et même avec une ligne en double, une tension de 40000 à 50000 volts.

⁽²⁾ La poussière se dépose en même épaisseur sur les parois verticales et horizontales; le plus désastreux est la présence simultanée de poussière et de brouillard.

⁽³⁾ Les conditions d'exploitation sont bonnes quand 1 pour 100 seulement des isolateurs doit être remplacé chaque année. En prenant un circuit à 12000 isolateurs, cela donne un minimum de 120 isolateurs à changer annuellement, et il faut songer que chacun des isolateurs peut causer une interruption. Par certaines conditions défavorables de température, le nombre des interruptions peut s'élever à 30 au mois (d'une façon toute temporaire). On remarque que, quand, par suite de difficultés provenant des isolateurs, on abaisse le voltage, par exemple, de 40000 à 30000 volts, le nombre des isolateurs à remplacer ne diminue pas brusquement, comme si l'état de ceux qui étaient endommagés continuait à s'aggraver. Ce n'est qu'à la longue que les détériorations diminuent.

Quand une ligne est court-circuitée, il y a un afflux de courant dont la valeur dépend de la tension appliquée et de l'impédance du circuit jusqu'au point en court-circuit. La rupture du courant amène une élévation de voltage qui peut être considérable ⁽¹⁾.

Les troubles provenant de la détérioration des tiges en bois d'isolateurs sont dus aux fuites de courant à la surface couverte de poussière des isolateurs. Dans quelques localités, les tiges ont seulement duré de 1 à 3 mois. On les évite en mettant autour de la tige un court-circuit métallique. La substitution de tiges métalliques n'a produit que de bons résultats.

Les poteaux en bois de la ligne sont un sujet d'interruptions fréquentes. A la connaissance de l'auteur, sur une ligne avec poteaux dont l'extrémité inférieure était traitée chimiquement, on a eu 33 pour 100 de remplacement en 6 ans et, sur une autre dont les poteaux en cèdre n'avaient pas été traités, 35 pour 100 dans le même intervalle de temps. Dans les longues lignes, on traverse des régions qui se comportent d'une façon toute différente au point de vue de la conservation des poteaux. Bien qu'on laisse généralement le long de la ligne une zone entièrement libre pour arrêter les incendies de forêt, ceux-ci peuvent, sans provoquer la combustion des poteaux, amener la rupture des isolateurs, surtout quand ils sont en verre; cela est arrivé dans deux cas à la connaissance de l'auteur ⁽²⁾.

Dans les quatre dernières années les ingénieurs ont marqué une préférence pour les pylônes ⁽³⁾.

La distance entre fils est généralement calculée

⁽¹⁾ Pratiquement, on a observé des surélévations de tension atteignant de 2,5 à 6 fois le voltage normal, suivant l'instant de la rupture, en ouvrant une ligne de 40000 volts, 100 miles, après court-circuit.

⁽²⁾ L'usage des poteaux en bois présente cependant quelques avantages. L'un est que, au cas où un isolateur est brisé et où le fil vient en contact avec les supports transversaux, la combustion de celui-ci et du poteau n'est cependant pas tellement rapide qu'on n'ait quelques minutes pour couper le circuit. Dans un cas, même, un fil à 40000 volts vint en contact avec son support transversal et s'y maintint pendant plusieurs heures avant qu'il devint nécessaire de couper le circuit, et le poteau ne fut trouvé que faiblement carbonisé. Avec une ligne double on avait amplement le temps de changer de circuit, en admettant, bien entendu, que le circuit téléphonique fonctionnât et qu'aux deux bouts de la ligne on se rendît compte de la situation.

⁽³⁾ On peut ainsi augmenter les portées jusqu'à n'avoir que 8 pylônes par mile; le nombre des isolateurs est réduit. Ils peuvent être plus gros et leur fixation peut être l'objet des plus grands soins. La hauteur des fils est augmentée, ce qui les protège même contre les branches, objets lancés, etc..., mais tout repose sur la perfection des isolateurs. L'emplacement des pylônes est grand; si on longe des voies fréquentées, ou des voies de chemin de fer, cet empiètement devient trop grand; il faut adopter des poteaux tubulaires

de telle sorte qu'en multipliant par 3,75 le chiffre de la tension en milliers de volts on obtienne la distance en centimètres à laisser entre fils. Cette règle donne toute sécurité pour les hautes tensions au point de vue des décharges; mais si, pour une raison quelconque, l'arc s'amorce, ces distances ne sont pas suffisantes pour l'empêcher de subsister; or les distances qui réalisent cette dernière condition sont beaucoup trop grandes pour pouvoir être abordées; la construction de la ligne deviendrait impossible. Les distances susindiquées s'appliquent à des écartements de poteaux de 35^m à 70^m (1).

Une perte en ligne de 5 pour 100 par 50 miles avec 60 cycles donne des lignes acceptables, mais si l'on a un important service d'éclairage associé à une distribution de force motrice, à charge très variable, il faut réduire ce chiffre. En raison de la capacité, le courant de charge dans de telles lignes est, pour 60 cycles et une longueur de 100 miles, de nature à exiger le plein débit, dévattu il est vrai, d'un alternateur de 2000 kilowatts.

Il est bon que la ligne téléphonique soit portée par des poteaux distincts, autrement, en outre du danger considérable en cas d'avarie, elle risque d'être inutilisable à ce moment; or c'est précisément alors qu'elle serait utile. Une distance, au-dessous des fils du transport, de 10^m, n'est pas de trop.

Pour les longues lignes, une fréquence de 60 cycles semble exagérée. La réduction de fréquence diminuera le courant de charge et fera que la chute de tension se rapprochera du RI de la ligne (2); 30 cycles constituent une fréquence satisfaisante. Pour les lignes de traction équipées avec moteurs à courant alternatif, 15 cycles est le chiffre maximum.

En ce qui concerne les interrupteurs, l'auteur insiste sur les deux points suivants : 1° Les ruptures doivent être bien simultanées sur les trois phases; 2° les interrupteurs et commutateurs doivent toujours être encadrés par des systèmes de mise hors-circuit en vue des réparations. Enfin les essais à l'usine de construction ne doivent pas être considérés comme absolument concluants en ce qui con-

cerne les interrupteurs; il faut, après mise en place, couper une dizaine de fois les charges les plus intenses, et ce n'est qu'en cas de succès que l'interrupteur doit être déclaré entièrement satisfaisant.

P. BOURGUIGNON.

Les systèmes de distribution à courant continu dans les villes américaines, par Alex. DOW (Mémoire présenté au Congrès international de Saint-Louis, 27 pages).

L'auteur étudie, au point de vue commercial, le système de distribution à courant continu 3 fils, communément appelé système Edison. Ce système existe et est exploité avec succès depuis une vingtaine d'années, et encore aujourd'hui, bien que les stations génératrices tendent à être presque toutes remplacées par des sous-stations recevant du courant alternatif triphasé produit dans des centres en nombre très restreint, le plus souvent en un seul point, tout le reste de la distribution subsiste sans changement.

Emploi des commutatrices ou des moteurs générateurs. — Les deux systèmes ont leurs partisans. Cependant, en règle générale, les Compagnies fournissant le courant à la fréquence de 25 cycles emploient des commutatrices, tandis que celles qui utilisent la fréquence 60 cycles préfèrent le moteur générateur. Il y a quelques exceptions : la Cleveland Electric Illuminating Cy a des commutatrices à 60 cycles, la Buffalo General Electric Cy, des moteurs générateurs alimentés à 25 cycles par le courant du Niagara. Le type de commutatrice répandu partout est de 500 kilowatts, mais il y a quelques installations avec des unités de 1000 kilowatts (New-York Edison Cy) et de 2500 kilowatts (même compagnie, installation récente), de même il existe des moteurs générateurs de 1000 kilowatts (Edison Cy, Détroit, en service depuis 3 ans). Pour le choix du moteur dans les groupes, on peut dire que les ensembles de faible puissance, 250 kilowatts et au-dessous, ont plutôt des moteurs asynchrones, tandis que, pour les groupes très puissants, le moteur synchrone est la règle. Il est donc erroné de dire que l'Amérique est le pays exclusif de la commutatrice. Cela n'est vrai que pour les installations de traction. Boston, Buffalo, Détroit emploient les moteurs générateurs; Philadelphie a les deux systèmes (moteurs générateurs et convertisseurs).

Sous-stations. — On tend à les multiplier, car il n'y a pas de comparaison entre leur coût et celui de la station à vapeur équivalente. Beaucoup de ces sous-stations ne fonctionnent que pendant la période de forte charge. Le personnel est très réduit, souvent il n'y a qu'un homme par sous-station; il est en communication téléphonique avec l'usine, ou un

4...

qui deviennent très dispendieux. Mais, en rase campagne, la solution des pylônes élargis à la base est satisfaisante.

Il existe des lignes dont la portée dépasse 200 mètres. Elles donnent toute satisfaction; par des vents violents atteignant 70 miles à l'heure, l'écart de la verticale va de 30° à 45°, les fils conservant leur distance respective sans qu'il y ait d'oscillations désordonnées.

(1) La question des tensions initiales des fils est des plus importantes quoique souvent négligée. On doit tenir compte de la température et consulter les tables appropriées publiées en grand nombre.

(2) Voir MONMERQUÉ, *Contrôle des installations* : le facteur de surtension, d'après A. Blondel.

centre déterminé d'où on lui donne toutes les instructions en cas de besoin ⁽¹⁾.

Régulation de la tension. — Les Compagnies exploitant le système n'ont jamais adopté de réglage automatique ou de compoundage des machines. Les feeders sont répartis en groupes reliés individuellement aux différentes machines, celles-ci étant couplées en parallèle par le réseau mais non à l'usine. La tension est réglée d'après les indications données par l'emploi bien connu du fil pilote.

Réseau aérien. — Les fils comportent un isolement léger constitué par 2 ou 3 couches de coton revêtu d'un enduit goudronneux; ceci a pour but de simplifier les travaux sur le réseau, 2 fils pouvant se toucher accidentellement sans qu'il se produise de court-circuit. Le centre de la distribution est toujours mis à la terre.

Réseaux souterrains. — Les conducteurs tubulaires d'Edison sont encore employés, mais la place réservée à l'isolant est plus grande qu'autrefois. Les sections de chaque conducteur sont, suivant les modèles, de 250^{mm}², 440^{mm}² ou 625^{mm}².

Fusibles. — Les liaisons entre les différentes portions du réseau se font par des fusibles constitués par du cuivre en feuille. La section est telle que la fusion se produit pour une intensité triple de l'intensité de surcharge. On nomme ainsi celle que le câble peut transporter pendant un maximum de 2 heures avant d'atteindre une température dangereuse.

Continu ou alternatif. — L'auteur, après un exposé historique du développement des Compagnies exploitant le système Edison, s'efforce de démontrer la supériorité du courant continu pour leur exploitation ⁽²⁾.

Variation admise pour la tension. — La règle absolue est d'admettre au plus un écart de 2 pour 100 en plus ou en moins de la tension normale. Dans ces conditions les lampes de 16 bougies mises en ser-

vice par la Compagnie ont une dépense de 3,1 watts par bougie; après 470 heures d'éclairage le pouvoir éclairant ne doit pas avoir baissé de plus de 2 pour 100 de sa valeur initiale. Les Compagnies se tiennent strictement à ces spécifications dans tous leurs marchés de lampes et en contrôlent l'exécution au moyen d'essais continuels.

Une telle régulation du voltage ne saurait, d'après l'auteur, être réalisée sur circuits alternatifs sans une dépense en cuivre supérieure d'au moins 10 pour 100 ⁽¹⁾.

Pertes d'énergie dans le transport et le réseau. — Aux heures de pleine charge la perte peut atteindre 15 pour 100 au minimum. Ceci s'applique à 200 ou 300 heures par an. On peut admettre que la perte totale s'élève dans le réseau de distribution à 4 pour 100 de l'énergie totale produite. En ce qui concerne le moteur générateur et transformateur l'auteur estime que la substitution du courant alternatif amènerait une élévation de rendement de 1 pour 100.

Le courant alternatif a pour lui : réduction de première installation de l'usine; du coût des sous-stations; durée des filaments Nernst; mais il a comme désavantages : régulation inférieure du voltage ou augmentation du coût des câbles; infériorité du pouvoir éclairant des lampes à arc, coût plus cher de celles-ci; nécessité de dispositifs spéciaux pour la charge des petites batteries; commande plus difficile, au moins actuellement, des monte-charges.

Tension des lampes. — Généralement 125 volts maximum. En Angleterre et aux États-Unis des efforts ont été faits en vue de l'application de lampes à incandescence à 220 volts, mais l'auteur leur reproche de ne pas être pratiques actuellement. Les moteurs à 450-500 volts sont plus coûteux que les moteurs à 220 volts. La perte d'énergie dans les compteurs serait doublée (pour un même courant traversant le fil fin), mais la durée plus courte des lampes est l'inconvénient capital et cela conduit à des changements fréquents dont le client se plaint. Les Compagnies ont à alimenter de nombreuses enseignes lumineuses avec lampes de 2 bougies à

⁽¹⁾ La conséquence de l'augmentation du nombre de sous-stations est une réduction des feeders; cette réduction compense les frais de bâtiments exigés par les sous-stations et l'on y a un grand avantage, car le capital engagé en bâtiments se déprécie infiniment moins vite que le capital engagé en feeders. On rattrape ainsi largement les frais du matériel. De plus, dans les sous-stations, le matériel de rechange est très réduit, car une sous-station, en cas d'avarie, peut être secourue par les sous-stations voisines.

⁽²⁾ Il cite à ce sujet les chiffres suivants représentant le coût actuel, aux États-Unis, des moteurs continu et alternatifs, tri- ou monophasés, chiffres extraits d'un récent marché.

	Courants continus (220 volts).	Courants triphasés.
	fr	fr
Moteurs de 65 chevaux.....	3610	4650
— 20 —	1830	3170
— 5 —	710	1140

⁽¹⁾ Sur les réseaux continus les monte-charges et ascenseurs de 7 à 30 chevaux sont installés sans précautions spéciales et il n'en résulte pas de perturbations graves vu la large section de ces réseaux; il n'y a que pour les ascenseurs d'hôtels à grande vitesse et grande accélération qu'on exige l'installation d'une batterie de secours. Les installations similaires en courant alternatif présentent une complication extrême, et la nécessité d'éviter des à-coups trop importants oblige à réduire beaucoup l'accélération et les dimensions de ces appareils. Sur les réseaux que l'auteur a en vue, les applications de ce genre (ascenseurs) sont si nombreuses qu'elles constituent pour ainsi dire une charge continue pour l'usine.

4 bougies; celles-ci sont tout simplement impossibles à 220 volts. L'auteur conclut en se prononçant contre l'élévation du voltage à 220 volts entre fils.

P. B.

Procédé Staedtefeld de fabrication d'une matière isolante (Brevet français n° 330247). — La micanite, constituée par des lames de mica juxtaposées et collées par de la laque et pressées à chaud, a l'inconvénient de se fendiller facilement sous l'influence de la moindre résistance mécanique. Il en résulte de petites fentes ou crevasses qui seaturent à l'humidité de globules d'eau, rendant la matière spongieuse. Dans le procédé Staedtefeld, le mica est réduit en morceaux de 2^{mm} à 4^{mm} seulement; on y ajoute de l'eau faiblement acidulée, qui en rend les surfaces rugueuses; on peut obtenir ce même résultat par voie mécanique en passant le mica entre des faces travaillantes de meules formant limes. Ces pièces de mica sont agglomérées ensuite à la laque, formant ainsi un bloc qui ne peut ni se fendre ni s'effriter, et que l'on travaille facilement. G.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : BERRY. BF. 347966, 16 nov. 1904 (appareils pour la distribution des courants alternatifs). — BURKE et EDWARD. USAP. 775416, 17 déc. 1903 (système de transmission électrique). — FAIRWEATHER. BP. 17741, 1904 (transmission de courant alternatif). — HARTMANN et BRAUN. DRP. 157598, 7 mai 1902 (transmission de courant). — HEWITT. BP. 2496, 1904 (courants oscillatoires). — JACOB KRUYSWIJK. DRP. 157703, 11 juil. 1902 (transmission et distribution d'énergie). — LINCOLN. BP. 20001, 1904; USAP. 780048, 3 mai 1904 (système de distribution par courant alternatif simple). — TAYLOR. USAP. 777866, 21 mai 1904 (système de distribution). — THOMAS. BP. 18991, 1904 (distribution électrique).

Canalisations. — **Conducteurs** : BRICK et WORKS LD. BP. 3035, 1904 (câble électrique). — BROWN. BP. 25669, 1903 (conducteur). — DEVONSHIRE. BP. 22003 (câbles ou conducteurs). — FIELD. BP. 319, 1904 (câble électrique). — LA MATHE (DE). BF. 347977, 17 nov. 1904 (câbles souples électriques). — SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES. BP. 24078, 1904 (conducteurs électriques). — BRUENING. USAP. 778529, 1^{er} nov. 1904 (matière isolante et moyen de la préparer). — BOOKER. USAP. 778005, 1^{er} fév. 1904 (isolant). — CHITTY. BP. 27171, 1903 (isolant). — FELTEN. BF. 346968, 29 août 1904 (isolateur pour conducteurs aériens avec chambre intérieure réceptrice de bobines de self-induction, de dispositifs parafoudres ou d'autres appareils). — FLINT et MAIDEN. BP. 26449, 1904 (isolant). — HARTMANN et BRAUN. DRP. 158445, 1^{er} janv. 1904 (isolateur). — HOSKINS. USAP. 778666, 1^{er} juil. 1904 (conduit flexible). — KESSEL. DRP. 158568, 5 fév. 1904 (isolant). — LOCKE. USAP. 778420 et 779659, 29 avril 1903 et 31 mai 1904 (procédé de fixation des isolateurs et isolateur). — PASTOR. DRP. 158444, 9 mars 1904 (conduits flexibles pour câbles). — SACHS. USAP. 778507, 16 mars 1904 (procédé d'isolement et de suspension). — SIBLEY. USAP. 776556, 19 déc. 1902 (conduit électrique). — STARBELD. DRP. 158666, 12 mars 1903 (isolant). — STARKE. BP. 2347, 1904 (conduits électriques). — WILSON. DRP. 158569, 9 fév. 1904 (tube pour conducteurs électriques). — WOOD. 779828, 8 août 1903 (isolateurs). — **Connexions et joints** : COUVERCHEL. BP. 24394, 1903 (connexions). — GROVES. BP. 2512, 1904 (joint électrique). — KELSEY. BP. 27173, 1903 (connexions électriques). — KRANTZ et MULLER. USAP. 778681, 15 mars 1904 (connecteur électrique). — OELSCHLAGER et HADDOCK. BP. 24102, 1903 (connexions électriques). — THOMSON-HOUSTON CY LD. BP. 3995, 1904 (connexion).

Prises de courant : ALLTREE. BP. 1044, 1904 (contact électrique). — BRUSSEAU. USAP. 780860, 18 avril 1904 (contact à bouton). — CRAWFORD. USAP. 779532, 17 mai 1904 (tableau pour dynamos). — FEIL. USAP. 777106, 17 mai 1904 (boîte pour bouton de contact). — LINDNER. DRP. 157502, 26 juin 1904 (contact). — MACLIVER et GUY. BP. 2315, 1904 (borne). — MIDDLETON. BP. 18919, 1904 (borne). — MULLER. USAP. 778693, 24 avril 1903 (boîte de jonction). — PRESTED. BP. 2614 et 23823, 1904 (borne). — RAYMOND. USAP. 779098, 13 avril 1904 (plots). — WEILLAND. BF. 347681, 5 nov. 1904 (borne en forme de vis).

Interrupteurs : AKTIEBOLAGET SWENSKA ELECTRISKA FABRIKEN. BP. 4953, 1904. — CLARK. BF. 347729, 8 nov. 1904. — COOPER-HEWITT. DRP. 158759, 25 juin 1903. — CROMPTON et C^o. BP. 26856, 1903. — DAY. USAP. 775445, 9 mai 1904. — FEATTHRS (MAC) et CHRISTMAS. BP. 22652 et 22665, 1904. — GRIVOLAS. BF. 347910, 17 nov. 1904. — JOHNSON. BP. 24142, 1903; BF. 347737, 8 nov. 1904 (interrupteur pour courants à haute fréquence). — KING. USAP. 779222, 9 avril 1904. — LAGOUTTE. DRP. 158391, 27 mai 1904. — LUBECK. DRP. 158446, 3 avril 1904 (interrupteur à temps). — SCHEIDIG. DRP. 157801 et 157802, 16 fév. 1904 (interrupteur automatique). — SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ CALIDA. BF. 347098, 14 oct. 1904 (trembleur rapide). — WILSON et PILCHER. BP. 3236, 1904 (trembleur).

Résistances et rhéostats : ARON. BP. 23279, 1904; BF. 347517, 28 oct. 1904. — CUTLER. USAP. 777246, 21 nov. 1902. — KEENEY et RHINE. USAP. 777637, 29 fév. 1904. — KINRAIDE. USAP. 777290, 25 mai 1904 (résistance inductive variable). — LOUIS. 777116, 4 mars 1903 (rhéostat automatique). — MATTHEWS et HOUGHTON. BP. 25332, 1903. — SCHMIDT. USAP. 777439, 7 juin 1904. — SCHWEITZER. USAP. 778714, 13 déc. 1903 (compensateur).

Coupe-circuit : ADDIE. USAP. 772200, 4 avril 1904 (dispositif pour replacer les fusibles). — BABY. BP. 19882, 1903 (fusible). — BERGER. DRP. 156870, 10 septembre 1903 (fusible interchangeable). — CROMPTON AND CY. CP. 26842, 1903. — CURTIS et HARVEY LD. BP. 26, 1904 (fusible). — DOWNER. USAP. 773201, 29 avril 1904 (fusible). — EMMET. USAP. 769598, 4 déc. 1899 (coupe-circuit). — FEUERLEIN. USAP. 769995, 6 sept. 1899 (coupe-circuit ou fusible). — GRIVOLAS. BF. 346445, 24 sept. 1904. — KLOPPANSTEIN. BF. 346058, 18 août 1904 (coupe-circuit thermique). — LEE. BP. 7249 et 7642, 1904 (fusible). — MARCONI'S TELEGRAPH CY. BP. 25381, 1903. — RUSSELL. USAP. 774203, 16 mai 1904. — SIEMENS et HALSKE. DRP. 156131, 8 février 1903 (dispositif d'attache pour fusible). — SCHUG. USAP. 770541, 31 mai 1904 (coupe-circuit). — WRIGHT. USAP. 770034, 28 sept. 1903 (fusible).

Fusibles : COOK. USAP. 776218, 11 janv. 1904. — GLOVER. USAP. 776660, 13 août 1903. — SIMONS. USAP. 772967, 24 juin 1903.

Dispositifs de protection : COOK. USAP. 774158, 13 nov. 1903 (dispositif de sécurité pour circuits électriques). — HUBER. DRP. 157127, 14 nov. 1903 (dispositif de sécurité pour conducteurs aériens). — SCHNELLER et KÖLEMAN. BP. 23375, 1903 (appareil électrique de décharges). — SEIBT. DRP. 157427, 31 nov. 1903 (protection contre les surtensions). — WILHELM. BP. 15551, 1904 (dispositif pour empêcher les incendies par court-circuit).

Contrôleurs et Régulateurs : AZAROLA. BP. 24098, 1903 (régulateur). — BOVERI et C^o. BP. 12097, 1904 (régulateur). — BOYDEN. BP. 23110, 1903 (régulateur de voltage). — FINZ. BP. 26051, 1903 (régulateur de voltage). — GARY (MAC). USAP. 776144, 20 av. 1903 (régulateur électrique automatique). — VOGEL et MORRISON. USAP. 775692, 21 mars 1902 (contrôleur électromagnétique).

TRACTION.

Arroseuse électrique de la ville de Cologne (*Génie civil*, t. XLVI, p. 145-147, 7 janv. 1905). — Cette arroseuse, que l'article, illustré de 7 figures, décrit avec détail, est constituée par une automotrice à deux bogies, actionnées chacune par un moteur de 35 chevaux, portant un réservoir de 10^{m³}; elle pèse 13 tonnes à vide. Le dispositif d'arrosage comprend deux tubes placés sous chacune des plates-formes et deux autres disposés latéralement au milieu de la voiture. Les premiers peuvent arroser une zone de 2^m,50 de large; ils sont reculés autant qu'il est possible vers les extrémités du châssis de manière que la poussière se trouve suffisamment mouillée et ne soit pas soulevée au passage de la voiture. Les ajutages latéraux peuvent arroser une zone de 9^m à 10^m de largeur; l'eau y est refoulée par une petite pompe rotative commandée par un moteur électrique de 4 chevaux et placée sous le réservoir; un by-pass, manœuvré par le mécanicien, permet de faire retourner dans le réservoir une fraction plus ou moins grande de l'eau refoulée par la pompe, de manière à faire varier la pression aux ajutages et par suite la largeur de la zone arrosée; cette largeur peut d'ailleurs être encore modifiée en inclinant plus ou moins sur l'horizontale la direction du jet. — L'article donne aussi quelques indications sur les raisons qui ont motivé la construction d'une arroseuse aussi puissante et, par suite, d'un prix de revient assez élevé (18000^{fr}). Une arroseuse remorquée (dont le prix n'eût guère dépassé 5000^{fr}) aurait constitué une solution peu rationnelle, car elle eût exigé une voiture motrice précisément aux moments de la journée où le service des tramways est fort chargé; de plus il en serait résulté des manœuvres au poste de prise d'eau, pour mettre la voiture motrice en tête de la voiture d'arrosage. Une arroseuse automotrice à deux essieux (coûtant 14000^{fr}) n'aurait pu transporter que 5^{m³} d'eau, de sorte qu'il eût fallu multiplier les postes de prise d'eau dont chacun exige l'établissement d'un aigüillage et d'une voie de garage (coûtant environ 4000^{fr}). — Les essais effectués avec l'arroseuse à bogies ont montré qu'il est possible d'arroser une longueur de 5^{km} sur 8^m à 14^m de largeur en moins d'une demi-heure, l'arroseuse marchant à 12^{km} : h. et que le remplissage du réservoir demande environ 10 minutes. Pendant le courant de l'été 1904 elle a arrosé quotidiennement 500000^{m³} à 600000^{m³}, soit cinq fois la surface que peut arroser une arroseuse de 3^{m³} traînée par un cheval; la dépense journalière d'exploitation de l'arroseuse électrique étant de 25^{fr} environ et celle d'une arroseuse à traction animale de 12^{fr},50, l'arroseuse électrique procure donc une économie d'environ 40^{fr} par jour et par conséquent une économie annuelle de 4000^{fr}, le nombre de jours où l'arrosage est nécessaire étant en moyenne de 100 par an; en outre l'arroseuse électrique, que l'on fait circuler entre deux rames de voitures à voyageurs, encombre moins la circulation que les arroseuses à traction animale.

Enregistreurs de vitesse pour chemins de fer (*Bull. soc. belge des élec.*, p. 31-58, janv.). — L'auteur, J. Charlier, ingénieur aux Chemins de fer de l'État belge, étudie spécialement, dans cet article, les appareils dont le fonctionnement est basé sur la force centrifuge : contrôleur Dumas, indicateur enregistreur Klose, l'appareil Graftio, l'enregistreur Kaptein construit de manière à calculer après coup tous les éléments du problème de freinage, enfin l'indicateur Bruggemann.

Tramway interurbain de Cœur d'Alène à Spokane, Etats-Unis (*Street Railw. Journ.*, t. XXV, p. 263, 11 février). — La ville de Cœur d'Alène se trouve à l'extrémité nord du lac de ce nom (région ouest des Etats-Unis), à l'endroit où ce lac se déverse dans la Spokane River; Spokane est une ville plus importante située à 6^{km} en aval. Bien

qu'une ligne de chemin fer à vapeur relie ces deux villes, une ligne interurbaine de tramways électrique a été inaugurée l'an dernier. Le courant à 500 volts est fourni à la ligne par deux sous-stations situées à 25^{km} et 45^{km} de Spokane, d'où leur sont envoyés des courants triphasés à 22000 volts produits dans l'usine hydraulique de cette ville; chaque sous-station comprend un transformateur triphasé, à huile, de 300 kilowatts et une commutatrice de 200 kilowatts. Le service est assuré par 6 trains de voyageurs et 3 trains de voyageurs et marchandises dans chaque sens; les premiers mettent 1 heure 20 minutes, les seconds 1 heure 40 minutes pour accomplir le parcours. D'après l'article, illustré de 7 photographies et 1 plan, le trafic est, malgré la concurrence de la ligne à vapeur, déjà très rémunérateur et son accroissement rapide a conduit la Compagnie exploitante à prévoir l'installation prochaine d'un convertisseur de 400 kilowatts dans chacune des sous-stations. C'est là un nouvel exemple des services que peut rendre la traction électrique dans une région déjà desservie par des lignes à vapeur et c'est à ce titre que nous avons cru devoir signaler cette installation.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : CALDWELL. USAP. 776826, 15 févr. 1904 (propulsion des voitures par électros placés dans la voie et agissant sur un aimant solidaire de la voiture). — CARDELL. BP. 27069, 1903 (tramway électrique). — GILL. BP. 23050, 1904 (chemin de fer électrique). — GRIFFITHS et BEDELL. BP. 351, 1904 (traction électrique). — KEATES. USAP. 778133, 27 mai 1904 (voiture munie de deux batteries, une génératrice et un moteur). — LINKLETER. BP. 18561, 1904 (chemin de fer électrique). — PARSONS. USAP. 776681, 16 nov. 1900 (chemin de fer électrique).

Conducteur et voie. — *Ligne aérienne* : CARTER et PARSONS. BP. 347505, 28 oct. 1904 (coupe-circuit automatique de ligne). — CHANDLER. USAP. 779640, 7 oct. 1904 (dispositif de suspension). — REED. USAP. 780620, 17 sept. 1904 (tendeur). — *Ligne à troisième rail* : D'ESPPOSITO. USAP. 779150, 12 mars 1904 (rail). — HOPKINS. USAP. 780502, 18 nov. 1904 (rail). — RYAN et GUNTZER. USAP. 779739, 5 nov. 1903 (protecteur). — WINSOR. USAP. 780316, 10 juin 1904 (isolateur). — *Joints de rails* : BRAINE. USAP. 779066, 29 mars 1904. — WEBBER. BP. 19234, 1904. — WEBER et HOLBROOK. USAP. 777707, 13 nov. 1903.

Prise de courant. — *Tréfil* : ANDERSON et DUNE. BP. 15343, 1904. — CALAHAN. BP. 23807, 1904. — HARRISON et FOSDICK. USAP. 779401, 2 juin 1904. — JARADO. USAP. 780194, 23 mars 1904. — JONAS. USAP. 779654, 1^{er} avril 1904. — HOEHN. USAP. 779850, 17 sept. 1904. — MC CARROLL. USAP. 779554, 4 juin 1904. — MERCER. USAP. 778987, 28 mai 1904. — NEWCOMB. USAP. 777691, 15 déc. 1903. — PATON. BP. 23932, 1904. — REYNOLDS. USAP. 778376, 29 juin 1903. — THOMSON-HOUSTON Co. BP. 28059, 1903. — WECKMAN. USAP. 778520, 22 sept. 1904. — WEEKS. USAP. 780767, 14 avril 1904. — WILSON. USAP. 778933, 19 août 1903. — *Prise de courant en caniveau* : GAILLARD. BP. 347520, 28 oct. 1904.

Mise en marche et régulation : BARRY. USAP. 779199, 24 sept. 1903. — DURKIN. USAP. 778825, 15 oct. 1904. — HILL. USAP. 778825, 25 juil. 1904. — NEWELL. USAP. 780055, 5 mai 1902.

Divers : ATWOOD. USAP. 778435, 11 mars 1904 (propulseur pour bateau). — MONNIER. USAP. 780214, 29 sept. 1904 (véhicule pour le transport de faibles charges à grande vitesse). — PRIEST. USAP. 777693, 6 mai 1904 (locomotive électrique). — REES. BP. 24083, 1904 (appareil électrique pour voitures). — SIEMENS BROS. BP. 15869, 1904 (aiguillages). — WITING. USAP. 778560, 19 sept. 1903 (châssis de batterie d'accumulateurs pour automobiles).

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Observations sur le système radiotélégraphique de Slaby, par O. MURANI (*L'Electricista*, t. XIII, p. 85, 15 mars 1904).

On sait que lorsqu'on provoque des oscillations électriques stationnaires dans un oscillateur rectiligne constitué par deux fils AB, CD munis de deux sphérettes B et C, il se produit un ventre de tension aux extrémités éloignées et un nœud au milieu de l'oscillateur à l'endroit de l'étincelle ⁽¹⁾.

En supprimant une moitié CD de l'oscillateur et en lui substituant une communication avec le sol, l'autre moitié continue à fonctionner comme précédemment. Si le fil AB est assez long et vertical, on forme ainsi l'oscillateur à antenne de Marconi. Les ondes sont engendrées par l'antenne de la même manière que dans chacune des moitiés d'un oscillateur rectiligne.

Plaçons, vis-à-vis et parallèlement, une antenne réceptrice ou un fil d'égale longueur; les ondes émises induisent par résonance des oscillations identiques. Si l'extrémité inférieure est reliée au sol, les variations de potentiel sont minima à cette extrémité et maxima à l'extrémité supérieure de l'antenne. Le cohéreur étant sensible à la force électromotrice et non à l'intensité, Slaby en a conclu que, en plaçant le cohéreur à l'extrémité inférieure, on le met précisément à l'endroit où il est le moins susceptible d'être impressionné ⁽²⁾. D'après lui, les résultats obtenus dans ces conditions sont dus à l'extrême sensibilité du révélateur et aussi à ce fait que l'extrémité C, où il est placé, n'est pas exactement un nœud; il préfère le cohéreur placé au sommet D et, comme cette disposition n'est pas pratiquement réalisable, il propose de le placer à l'extrémité d'un fil horizontal CE, dit d'extension, de longueur égale à celle de l'antenne, le point C restant en communication avec le sol. Les oscillations de CD se transmettent à CE dont E est un ventre de vibrations.

M. Murani objecte que l'extrémité inférieure de l'antenne réceptrice, dans le système Marconi, n'est pas en communication directe avec le sol, mais par l'intermédiaire du cohéreur; en sorte que l'antenne n'est pas reliée au sol avant que le cohéreur soit devenu conducteur; il faut donc la considérer comme isolée; mais alors les ondes électromagnétiques qui la rencontrent induisent des oscillations stationnaires présentant un nœud de potentiel au

centre et deux ventres aux extrémités, comme dans le résonateur circulaire de Hertz. Le cohéreur, placé à l'extrémité inférieure, un instant avant qu'il soit devenu conducteur, se trouve dans un ventre, c'est-à-dire à l'endroit le plus favorable pour l'impression.

Pour faire la vérification expérimentale, l'auteur a employé une antenne réceptrice complètement isolée, qui peut s'élever ou s'abaisser à volonté. Le cohéreur avec son circuit est placé horizontalement et communique avec l'antenne par un fil horizontal terminé par un ressort. On observe aisément que le cohéreur reste insensible au milieu de l'antenne, devient actif à mesure qu'il s'en écarte, et éprouve un maximum aux extrémités. Si les étincelles sont puissantes, on peut observer une action sur le cohéreur au milieu de l'antenne, mais c'est toujours un minimum.

Enfin, le cohéreur étant au milieu redevient actif si l'on touche une extrémité de l'antenne avec une tige de 10^{cm} à 20^{cm}, ce qui en déplace le milieu. Le fil d'extension de Slaby n'a donc pas d'utilité; il peut même être nuisible en augmentant la dispersion de l'énergie.

G. G.

Système Telefunken de la Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, par l'Inspecteur des postes PFITZNER (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 523, 23 juin 1904). — La Gesellschaft für drahtlose Telegraphie résulte, comme on sait, de la fusion de deux sociétés allemandes utilisant respectivement les systèmes de télégraphie sans fil Slaby-Arco et Braun. La nouvelle société a cherché à mettre en œuvre le grand matériel scientifique et technique des deux anciennes, et est parvenue à réaliser pratiquement un système qui réunit les avantages des précédents. L'article de M. Pfitzner est consacré à la description des particularités les plus intéressantes des nouvelles méthodes constituant ce que la société appelle l'*Einigungs-System Telefunken*.

L'innovation la plus saillante consiste dans des procédés indiqués par le professeur Braun pour l'accroissement de l'énergie transmise. Dans presque toutes les dispositions transmettrices, on utilise, pour l'excitation de l'antenne, un circuit vibratoire fermé (condensateurs et self-inductions) qui est relié à l'antenne soit directement, soit inductivement. Il y a toujours intérêt à ce que le couplage des deux circuits (excitateur et antenne) soit réalisé aussi *ferme* que possible (dispersion minima). On est conduit, d'autre part, pour augmenter la quantité d'énergie disponible, à accroître la capacité du circuit excitateur, et, avec les dispositions usuelles, on ne peut le faire que dans une certaine limite, précisément parce que l'augmentation de la capacité entraîne une diminution corrélative de la self-induction (la période devant rester la même, déterminée par la longueur d'antenne), et que le couplage devient d'autant plus *lâche* que la self-induction excitatrice diminue.

Le professeur Braun, par des montages convenables de condensateurs, est parvenu à éviter cette limitation de l'énergie disponible, tout en conservant une fermeté suffisante du couplage entre les circuits. Il emploie à cet effet plusieurs circuits vibratoires qui doivent avoir exactement le même nombre de vibrations, ces vibrations se produisant simultanément et sans différence de phase. Plusieurs de ces montages sont indiqués, dont quelques-uns remontent déjà

⁽¹⁾ KIEBITZ, *Drude's Ann.*, t. V, 1901, p. 873. — RIGHT et DESSAU, *Telegrafia senza filo*, p. 175.

⁽²⁾ SLABY, *Abgestimmte und mehrfache Funckentelegraphie*, 22 décembre 1900.

aux années 1899 et 1900. Les figures 1, 2 et 3 représentent quelques dispositions employées.

Les montages sont réalisés également en tenant compte de ce fait que, pour chaque cas, il y a une longueur d'étincelle

critique au delà de laquelle l'accroissement de la tension employée se traduit par une perte trop considérable, due à l'amortissement produit par l'étincelle. Pour ne pas dépasser cette longueur critique d'étincelle, tout en conservant des

Fig. 1.

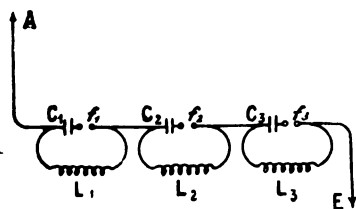


Fig. 2.

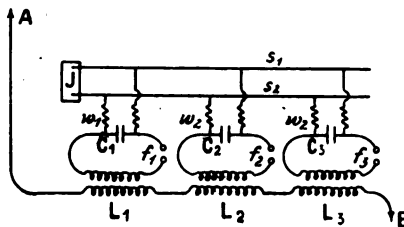
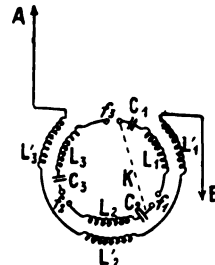


Fig. 3.



tensions de charge élevée, le professeur Braun est conduit à monter en cascade un certain nombre de condensateurs de plus petite capacité, et d'étincelles produites par une différence de potentiel réduite. L'article signalé indique plusieurs exemples de ces montages (fig. 4 et 5).

Fig. 4.

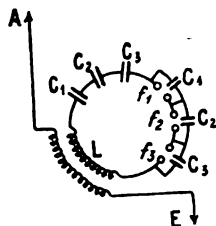
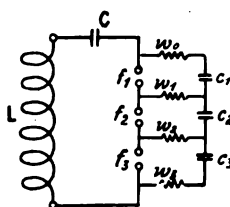
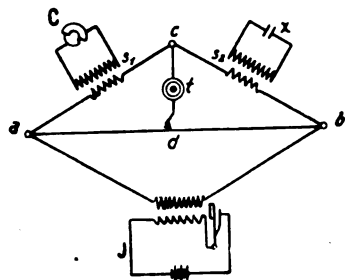


Fig. 5.



L'emploi de ces condensateurs de petite capacité rendit nécessaire la recherche d'une méthode permettant la mesure exacte de ces petites capacités. La Société a construit dans ce but un pont spécial à courants alternatifs (fig. 6). Dans

Fig. 6.



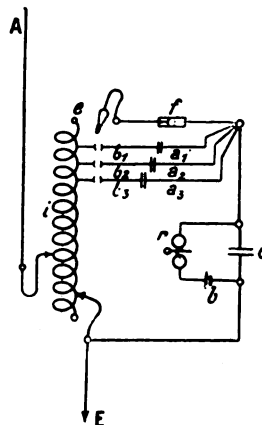
deux branches voisines de ce pont, ca et cb , sont les enroulements primaires de deux transformateurs dont les secondaires sont en série, l'un avec le condensateur à mesurer x , l'autre avec un condensateur variable de comparaison C . Quand les circuits secondaires sont ouverts, le téléphone t (d étant au milieu de ab) ne rend aucun son ou rend un son très faible, à cause de l'égalité de la self-induction et de la résistance ohmique des enroulements primaires. Mais, lorsque les secondaires sont fermés sur les condensateurs C et x , le téléphone rend un son très net jusqu'au moment où $C = x$, si les secondaires sont égaux.

L'auteur signale également de nouveaux procédés employés

pour l'affaiblissement de la sensibilité du détecteur aux petites distances. Le récepteur, tout en devenant moins sensible, reste toujours accordé sur la longueur d'onde initiale, et la netteté de l'accord s'accroît même en proportion du degré d'affaiblissement. Pour arriver à ce résultat, on monte parallèlement au détecteur qui est, par exemple, un cohéreur ordinaire, une capacité convenablement mesurée, en même temps qu'on change la self-induction du système récepteur contenant le détecteur, dans une proportion telle que l'accord reste toujours le même.

La figure 7 représente schématiquement ce montage. A

Fig. 7.



désigne l'antenne, i une bobine à enroulement continu, f le cohéreur; a_1, a_2, a_3 des condensateurs de différentes capacités; c le condensateur de réception très grand vis-à-vis du détecteur, b la batterie locale, et r le relais. L'un des pôles de a_1, a_2, a_3 est constamment relié au circuit récepteur, l'autre pôle est relié à l'une des pinces b_1, b_2, b_3 qui sont jonctionnées, d'autre part, à différentes prises de la bobine de self-induction i . Pour le service courant, l'un des pôles du détecteur est relié, au moyen d'un bouchon en e , à l'extrémité supérieure de la bobine. Lorsqu'on veut affaiblir la sensibilité du système récepteur, on enlève le bouchon qui se trouvait en e , et on l'introduit dans une des pinces b_1, b_2, b_3 . On voit que de cette façon on monte parallèlement au cohéreur une capacité déterminée, et qu'en même temps on diminue dans une certaine proportion la self-induction du circuit. L'installation est faite de façon que, dans tous les

cas, le produit capacité $\times$ self-induction reste constant, c'est-à-dire que l'accord du système récepteur ne soit pas troublé.

L'auteur termine par des renseignements sur le moyen de dimensionner à l'avance un système récepteur de façon qu'il soit accordé sur la station transmettrice avec laquelle il doit travailler. On se sert avantageusement, dans ce but, d'un détecteur électrolytique, tel que celui décrit précédemment dans cette Revue (t. I, p. 207, 15 avril 1904).

La figure 8 représente un montage employé à ces déter-

Fig. 8.

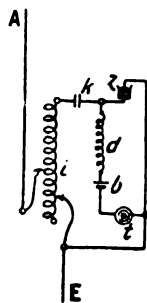
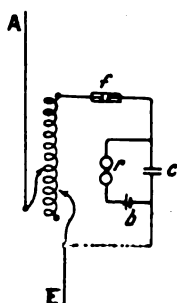


Fig. 9.



minations; i est une bobine à enroulement continu, A l'antenne, E la terre, z l'élément électrolytique, k un condensateur monté en série avec cet élément, d une bobine d'induction, b la batterie locale, t un téléphone ou un galvanomètre servant à la mesure de l'action produite. Si, par exemple, le cohéreur qui sera employé plus tard dans le montage réel, a une capacité de 50^{cm}, on choisit k de façon que, associé en série avec l'élément z , il donne une capacité résultante de 50^{cm}. La bobine d a pour but d'éviter que les conducteurs du circuit local apportent au système vibratoire une capacité additionnelle pouvant troubler les mesures.

La figure 9 représente le montage récepteur de la même station, après que l'élément électrolytique a été remplacé par le cohéreur habituel; f est le cohéreur, c un condensateur de capacité très grande vis-à-vis de celle du cohéreur, b la batterie locale, et r l'enroulement du relais.

Au moyen de la disposition précédente, on peut d'une manière très simple et très rapide dimensionner à l'avance un circuit récepteur pour qu'il se trouve ensuite accordé sur le transmetteur avec lequel il doit travailler réellement. Le cohéreur ordinaire servant alors de détecteur d'ondes.

De la possibilité d'accorder les récepteurs de télégraphie sans fil sur les deux ondes du transmetteur, par GEORG SEIBT (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 1111, 29 décembre 1904). — Les dispositions transmettrices, utilisées en télégraphie sans fil, comportent, comme on le sait, deux circuits oscillants couplés l'un avec l'autre : l'antenne qui rayonne les ondes, et le circuit des bouteilles de Leyde qui recueille l'énergie pendant la charge et la cède à l'antenne pendant la décharge. Par suite des actions réciproques des deux circuits, il se produit deux vibrations de périodes différentes. D'après les lois de la résonance électrique, le récepteur répondra le mieux possible aux vibrations de l'excitateur lorsqu'il sera disposé de façon à posséder également deux vibrations propres, concordant avec celles des transmetteurs sous le rapport de la fréquence. Jusqu'à présent, on n'a pas encore dans la pratique satisfait à cette exigence de la théorie. Dans les montages usuels, l'accord est réalisé sur une des ondes transmises et uniquement sur la plus longue.

Pour avoir une idée de la fraction d'énergie rayonnée, perdue par suite de l'imperfection de l'accord du récepteur,

et pour reconnaître ainsi l'utilité du double accord, l'auteur expose d'abord quelques brèves considérations théoriques sur la répartition du courant, de la tension et de l'énergie entre les deux ondes du transmetteur. Il montre ainsi que, pour des transmetteurs dont le couplage est relativement *ferme*, les amplitudes de tension des deux vibrations, et, par suite également, leurs quantités d'énergie sont égales; au contraire, les intensités de courant sont inégales et l'amplitude de courant de la vibration la plus rapide est plus grande que celle de la plus lente, et cela dans le rapport des longueurs d'onde. Si I_{11} , I_{12} désignent les intensités maxima des deux vibrations dans le courant primaire, I_{21} , I_{22} les intensités dans le circuit secondaire, λ_1 et λ_2 les longueurs d'onde, on trouve :

$$I_{11}\lambda_1 = I_{12}\lambda_2 \quad \text{et} \quad I_{21}\lambda_1 = -I_{22}\lambda_2.$$

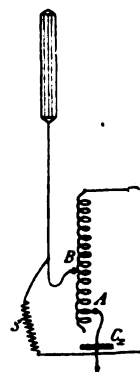
Comme l'excitation du récepteur ne dépend pas de fortes amplitudes de potentiel au transmetteur, mais de grandes intensités et de hautes fréquences, l'onde courte se trouve ainsi supérieure à la longue sous le rapport de l'action à distance. D'autre part, l'onde la plus longue, à cause de son moindre amortissement, paraît plus propre à assurer un accord prononcé; on ne peut pourtant pas le décider sans examiner plus à fond les rapports de couplage et d'amortissement : il faut tenir compte également de la possibilité donnée dans la pratique d'effectuer le couplage du récepteur plus *lâche* pour une intensité suffisante et de rendre par conséquent ce récepteur plus capable de sélectionner les ondes.

Quoi qu'il en soit, sous ce dernier rapport, on peut dire que dans un service où le récepteur à couplage modéré (c'est-à-dire où le rapport de la self-induction du primaire à celle du secondaire est égal à 0,003 environ) est accordé sur l'onde excitatrice la plus longue, mais où, en première ligne, on demande une grande portée, la moitié au moins de l'énergie rayonnée se trouve perdue. L'utilisation simultanée de l'onde courte permet d'obtenir une amélioration d'une importance à peu près égale à celle produite en doublant l'énergie rayonnée. Comme ce cas se présente très fréquemment dans la pratique, et même qu'il forme la règle d'après les expériences de l'auteur, on voit que le progrès résultant de l'introduction de l'accord double doit être très sérieux.

L'auteur, étudiant alors divers cas de la pratique, examine jusqu'à quel point et par quels moyens on peut réaliser cet accord double; il montre que les montages utilisés jusqu'alors ne le permettent pas et que, pour y arriver, il est nécessaire d'avoir recours à de nouvelles dispositions. Une de celles-ci consiste dans l'intercalation d'un condensateur dans le fil de terre (*fig. 1*) et l'augmentation de la self-induction de la bobine de couplage. L'intercalation d'un condensateur dans le fil de terre a toutefois un inconvénient : l'antenne se trouve isolée de la terre et les charges atmosphériques que cette antenne peut recevoir s'écouleront au sol en passant par le cohéreur qu'elles ne tarderont pas à détériorer. Pour éviter ces troubles, l'antenne est à la terre en A ou mieux en B (*fig. 1*), où se forme un nœud des vibrations électriques, par une bobine S suffisamment désaccordée.

Comme la vibration rapide, facteur principal de l'action à distance par suite de son amortissement plus fort, est restée, jusqu'à présent, presque complètement inutilisée, on arrive ainsi, sans augmenter l'énergie transmise à doubler à peu près l'excitation du cohéreur et à augmenter d'une façon correspondante la portée des stations. — L'installation des

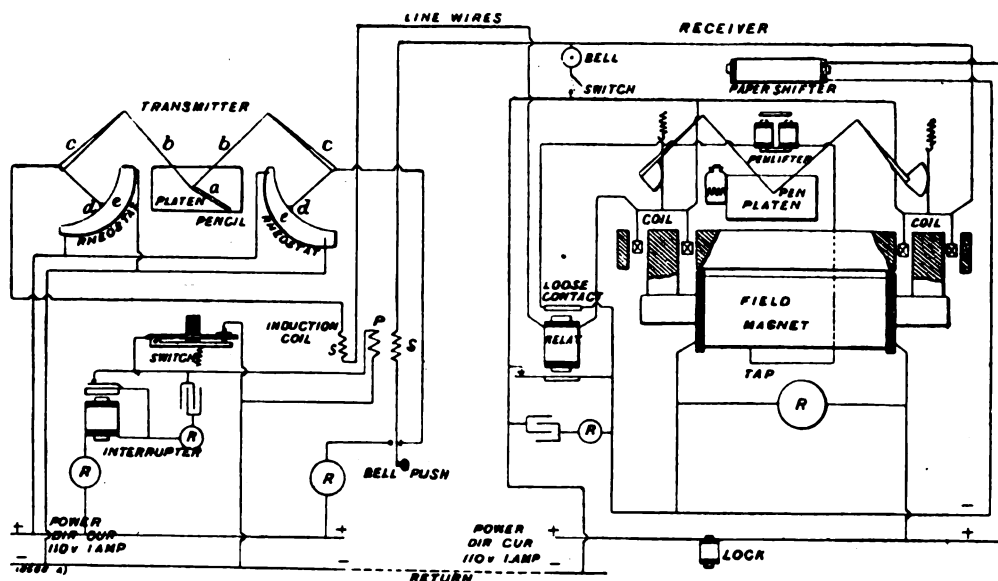
Fig. 1.



systèmes récepteurs doublement accordés ne se réalise pas, il est vrai, avec la même facilité que celle des systèmes simples. L'égalisation des quatre circuits sur la même longueur d'onde et l'intensité du couplage de ces circuits peuvent sans doute être préparées au laboratoire; mais les valeurs définitives ne seront obtenues qu'à la station elle-même; et, encore faudra-t-il, pour arriver à des résultats satisfaisants, toute l'habileté d'un ingénieur ou d'un physicien familiarisés avec les propriétés des vibrations électriques. J. R.

Télautographe Gray (*Engineering*, t. LXXVIII, p. 747, 2 décembre). — La figure ci-jointe indique les circuits électriques de cet appareil que quelques-uns de nos lecteurs se

souviennent peut-être avoir vu fonctionner à l'Exposition de Pâques 1901 de la Société française de Physique et dont une description très complète a été donnée dans *L'Éclairage électrique* du 1^{er} juin 1901, t. XXVII, p. 319. — Le transmetteur (transmitter) a la forme d'un pupitre horizontal au milieu duquel est un plateau (platen) recouvert d'une feuille de papier sur laquelle on trace avec un crayon *a* (pencil) les caractères ou dessins que l'on veut transmettre. Les mouvements de ce crayon sont décomposés en deux mouvements circulaires au moyen des fils *b* qui commandent par les leviers coudés *cd* des contacts métalliques glissant sur deux rhéostats parcourus par un courant d'environ 1 ampère dérivé d'un circuit de distribution à 110 volts.



Deux courants, d'intensités variables avec la position des contacts, sont ainsi envoyés dans deux fils de ligne (line wires) qui les amènent au récepteur (receiver). Celui-ci comprend une plaque verticale (platen) recouverte d'une feuille de papier sur laquelle appuie une plume (pen) commandée par deux fils attachés à deux leviers; ces leviers sont sollicités d'une part par des ressorts, d'autre part par des bobines (coil) mobiles dans les entrefers d'un électro-aimant (field magnet) excité par un courant local. Suivant l'intensité des courants qui les traversent, ces bobines descendent plus ou moins et donnent à la plume un mouvement identique à celui qui a été donné au crayon. — Plusieurs détails complètent l'appareil. D'abord un interrupteur (interrupter), placé sur le récepteur, qui permet d'actionner une bobine d'induction (induction coil) dont les courants secondaires ont pour effet de mettre en circuit l'électro-aimant du récepteur, de retirer la plume de l'encrier (ink) et de la disposer au-dessus du papier d'inscription. En second lieu, un bouton d'appel (bell push) qui actionne la sonnerie (bell) du récepteur, sonnerie que l'on met ensuite hors circuit au moyen d'un commutateur (switch). D'autre part, la plaque du transmetteur peut s'abaisser sous la poussée du crayon, et ce mouvement met en action la bobine d'induction dont les courants commandent alors un électro-aimant spécial (pen lifter) appuyant la plume sur le papier d'inscription; de la sorte, le crayon et la plume se trouvent en même temps soulevés ou mis en contact avec les feuilles de papier. Enfin, le changement de la feuille de papier sur

le transmetteur provoque automatiquement le fonctionnement du changeur de papier (paper shifter) du récepteur.

BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie : CREHORE. BF. 347476, 3 oct. 1904 (système télégraphique). — GELL. DRP. 158594, 9 oct. 1903 (enregistreur pour écrire à distance). — GRAY EUROPEAN TE- LAUTOGRAPH CY. DRP. 158285, 23 janvier 1904 (dispositif pour soulever le ressort du récepteur dans les télégraphes écrivant). — JOHNSTON. BP. 869, 1904 (relais). — JOY. USAP. 780663 et 780664, 1^{er} et 5 août 1902 (télégraphe imprimeur). — KITSEE. BP. 26043, 1904 (télégraphie sous-marine). — ROUSSEL et KING. BP. 10691, 1904 (télégraphe). — RUGH. DRP. 158282, 158283 et 158284, 3 janvier 1904 (commutateur pour télégraphe à courant alternatif). — WAHL. DRP. 158595, 27 oct. 1903 (relais). — WHITE. BP. 8657, 1904 (télégraphe imprimeur). — *Télégraphie sans fil* : ARTOM. DRP. 158727, 158728 et 158729, 3 mars et 15 nov. 1903, 27 fév. 1904 (récepteur de télégraphie sans fil). — CEREBOTANI. DRP. 158281, 18 déc. 1903 (montage du récepteur pour Télégraphie sans fil). — CLARK WIRELESS TELEGRAPH TELEPHONE Co. DRP. 158726, 10 oct. 1903 (cohéreur pour télégraphie sans fil). — DOWNSING. BP. 5118, 1904 (radiateur).

Téléphonie : ANDERSON. BF. 347179, 18 oct. 1904 (récepteur téléphonique). — BASSOMPIERRE et DARDEAU. BP. 552, 1904 (microphone). — BARNES. BP. 23769, 1904 (téléphone).

APPLICATIONS THERMIQUES.

Fabrication au four électrique d'objets en silice fondue (Brevet américain 778286, 28 août 1902, délivré le 27 décembre 1904). — Entre les deux électrodes métalliques du four on dispose un moule en charbon, que l'on entoure de quartz pulvérisé, puis on fait passer un courant d'intensité convenable pour fondre le quartz autour du moule sur une épaisseur plus ou moins grande. S'il s'agit de fabriquer des tubes de faible diamètre, le moule est constitué par un cylindre de charbon; par suite de la contraction inégale que subissent d'une part la tige de charbon, d'autre part la silice qui l'entoure, pendant le refroidissement, il est généralement assez facile de séparer le tube de silice du cylindre de charbon. Si le tube est courbe ou, d'une façon générale, si sa forme est telle qu'on ne puisse retirer le charbon, on brûle celui-ci en chauffant le tout au contact de l'air. Pour la fabrication de tubes de grand diamètre, il est préférable de prendre comme moule un cylindre de charbon creux, dans le but d'augmenter la résistance électrique intercalée entre les électrodes du four, et par suite la température; le cylindre est percé de trous assez petits pour que le quartz fondu ne les traverse pas, mais pour qu'ils laissent cependant passer les gaz qui se produisent pendant le chauffage. Les plaques de silice fondue s'obtiennent en prenant comme moule une plaque de charbon. La surface extérieure des objets de silice ainsi fabriqués est plus ou moins rugueuse suivant le degré de finesse du quartz; on peut l'égaliser en la soumettant à l'action d'un arc électrique.

BREVETS RÉCENTS.

Chauffage : Fours : BAUER. BP. 699, 1904. — BIRKELAND et EYDE. BP. 20003, 1904. — BOURGEOIS. BF. 347398. BF, 6 janv. 1904 (refroidisseurs à ailettes pour électrodes de fours). — CARRERE. DRP. 157371, 11 mars 1904. — DUTERTRE et NODET. BP. 14309, 1903 (four de grillage). — EDELMANN et WALLIN. BP. 16205, 1904. — GIN. BP. 8216, 1904. — HIGGINS. USAP. 775654, 4 avril 1904. — HOWE. USAP. 778191, 3 oct. 1902. — RUHSTRAT et GRIMMER. BP. 24472, 1903. — SCHNEIDER. DRP. 158417, 8 sept. 1903. — SIMM, STOREY et SELLERS. BP. 4059, 1904. — SOCIÉTÉ ÉLECTROMÉTALLURGIQUE FRANÇAISE. BP. 23380, 1903 (pour fusion de minerai de nickel). — STEINMETZ. USAP. 773821, 24 mai 1900. — **Appareils de chauffage** : HELBERGER. DRP. 156308, 31 janv. 1904. — HORRY. USAP. 771249 et 771250, 28 juin 1904. — HUNTLEY BF. 345484, 11 août 1904. — KRAUSE. BP. 26533, 1903. — PEMBERTON. BP. 18910, 1904. — WEGGEN. USAP. 775714, 22 avril 1904. — **Appareils divers** : CARSTARPHEN. USAP. 778444, 4 avril 1904 (allume-cigare). — DICKINSON. USAP. 773853, 12 janv. 1903 (four à pain). — KITTLER. USAP. 772717 et 772891, 19 mai et 17 juin 1904 (appareil pour dessécher la tourbe). — KRYPTOL GESELLSCHAFT. DRP. 156350, 15 avril 1903 (résistance de chauffage). — RACOSZYN. USAP. 778888, 29 juil. 1904 (appareil pour sécher les cheveux). — RICHARDSON. USAP. 780228, 25 janv. 1904 (étuve). — ROCHE. USAP. 772963, 15 nov. 1904 (allume-cigare). — SPRACHER. USAP. 779810, 15 nov. 1904 (tison électrique). — WALES. USAP. 774623, 30 avril 1904 (résistance flexible pour chauffage). — WATERS et THOMPSON. USAP. 774624, 15 avril 1904 (allume-cigare).

Divers : GOLDSTEIN et RICE. USAP. 778779, 23 mai 1903 (thermostat). — JEWELL. USAP. 774882, 20 août 1902 (régulateur de température). — LEVY. USAP. 771817, 13 février 1904 (thermostat). — ROBERTSON. USAP. 777046, 7 octobre 1903 (thermostat). — THOMSON. USAP. 761111, 28 août 1902 (fabrication de tubes réfractaires).

ÉCLAIRAGE.

Consommation relative des lampes à 110 et 220 volts (*Ind. élect.*, t. XIV, p. 25, 25 janv.). — Bien qu'on sache depuis longtemps que les lampes à incandescence à 220 volts sont moins économiques que les lampes à 110 volts, la Commission du régime futur de l'électricité à Paris a chargé le Laboratoire central de faire de nouveaux essais sur des lampes de 5, 10 et 15 bougies fournies par cinq fabricants différents. Ces essais ont été faits à potentiel constant sur accumulateurs et à potentiel sensiblement constant sur le secteur de la Rive gauche. Ils ont montré que les lampes à 110 volts ont, au début, une consommation spécifique moyenne de 3,6 watts par bougie, et, après 200 heures, de 3,87 watts par bougie. La consommation spécifique des lampes de 220 volts est, au début, de 4,4 et, après 200 heures, de 5,19 watts par bougie. — Ces dernières lampes consomment donc, au début, 22 pour 100 de plus, et après 200 heures, 34 pour 100 de plus que les lampes à 110 volts; en outre, le prix des lampes à 220 volts varie de 0^r,75 à 1^r par lampe, tandis que celui des lampes à 110 volts n'est que 0^r,40 à 0^r,60.

BREVETS RÉCENTS.

Éclairage par arc : Lampes : ANDERSON. USAP. 773774, 15 avril 1902. — BASTIAN. BP. 24023, 1903. — BLONDEL. BP. 19232, 1904. — CROMPTON Co. BP. 26857, 1903. — EXONDS. USAP. 774836, 30 janvier 1904 (lampe à arc dans le vide). — FLICHTNER. BP. 17166, 1904. — HAMILTON-ADAMS, USAP. 774876, 21 août 1903. — LE TALL. BP. 27350, 1903. — PERITZ. DRP. 157278, 4 février 1902 (lampe à arc avec électrodes en matières fusibles). — SCOTT. USAP. 774789, 14 oct. 1903. — **Suspensions, régulateurs et accessoires** : JONES. USAP. 774669, 24 mai 1904 (suspension pour lampes à arc). — KLOSTERMANN. DRP. 157154, 24 février 1902 (régulateur pour lampe à arc). — SIEMENS-SCHUCKERT et Co. DRP. 157447, 4 août 1903 (treuil pour lampes à arc).

Divers : AVERY. USAP. 776638, 18 avril 1904 (système d'éclairage portable). — DALZIEL. BP. 22758, 1903 (éclairage électrique des trains). — ELROY (Mac). USAP. 777857, 2 sept. 1904 (dynamo pour éclairage des trains). — FIELDING. USAP. 773795, 5 avril 1904 (dispositif pour éclairage à haute tension). — HUBERT. USAP. 777510, 21 juillet 1904 (lumière portable). — NIESCHANG. USAP. 774529, 29 août 1904 (dispositif d'éclairage médical permettant l'application simultanée de la lumière et de la chaleur). — PEROW (du). USAP. 773931, 9 mai 1904 (éclairage pour la reproduction des lettres ou signaux). — PIEPER AND L'HËST. BP. 18322, 1904 (éclairage électrique des trains). — SCHNEIDER. USAP. 774701, 15 septembre 1902 (dispositif pour maintenir la tension constante aux bornes des lampes de tramways). — E. SUNDERLAND. BP. 28252, 1903 (éclairage électrique). — TESTOR. USAP. 776154, 16 août 1904 (allumage électrique des lampes à gaz). — THOMAS. BP. 18987, 1904 (éclairage électrique). — WEBER. USAP. 776709, 6 janvier 1904 (lampes de sûreté). — WURTS. USAP. 774812, 9 nov. 1900 (système de distribution pour lampes à incandescence).

Éclairage par incandescence : Lampes à filaments : BURT. USAP. 780037, 4 mars 1904. — LEA et PERRINS. BP. 24715, 1903. — Mc DONNELL. USAP. 777741, 12 mars 1904. — RIETHOF et BASCH. BP. 23604, 1903. — ROBERTS. USAP. 780065, 15 décembre 1900. — SIEMENS et HALSKE. DRP. 158170 et 158571, 3 mai 1902. — **Douilles de lampes** : D'OLIER. DRP. 158308, 19 avril 1904. — LUTTRELL. USAP. 778383, 14 août 1903. — MEYERS. DRP. 780678, 11 décembre 1902. — SIBLEY. USAP. 778280 et 778281, 24 novembre et 11 décembre 1902. — **Divers** : FERGUSSON. BP. 4376, 1904 (réglage de lampes à incandescence).

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

Action du brome sur les alcalis et électrolyse des bromures alcalins, par HORST KRETZSCHMAR (*Zeitsch. f. Elektrochemie*, t. X, p. 789, 1904). — Voici quelles sont les conclusions de la très longue étude de cet auteur :

a. Action du brome sur les alcalis :

1° Par l'action du brome sur les alcalis, il se produit toujours d'abord l'hypobromite.

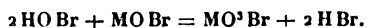
2° Pendant cette action, on a les deux équilibres suivants :



3° Par l'action d'une molécule de brome sur un équivalent d'alcali, il reste d'abord des quantités non négligeables de chacun d'eux.

4° L'acide hypobromeux et le bromure agissent déjà l'un sur l'autre aux très faibles concentrations et donnent du brome libre et de l'alcali, et par conséquent de l'hypobromite.

5° L'acide hypobromeux ou le brome, et l'hypobromite, réagissent l'un sur l'autre et forment du bromate d'après l'équation



6° Cette action est tout à fait analogue à la formation du chlorate. Elle n'en diffère que par sa constante de vitesse qui est 100 fois plus grande, cette vitesse élevée étant due à l'hydrolyse de l'hypobromite déjà importante en solution faiblement alcaline.

7° En solution assez fortement alcaline (décinormale et plus), l'hypobromite et l'hypochlorite sont à peu près également stables.

8° L'alcalinité de la solution augmentant, la vitesse de formation de l'hypobromite croît lentement. Il survient ici une deuxième action, la transformation de l'hypobromite en bromate, mais qui possède une vitesse si petite par rapport à la première qu'elle n'entre pas en considération dans la préparation pratique du bromate.

b. Électrolyse des bromures alcalins :

9° Par l'électrolyse des solutions neutres du bromure, il se sépare du brome libre à l'anode.

10° Le brome donne de l'hypobromite avec l'alcali libéré à la cathode.

11° Si l'électrolyse est poussée quelque temps, la concentration de l'hypobromite atteint une valeur constante. Le bromate n'existe alors en solution qu'en quantité augmentant plus lentement que celle de l'hypobromite.

12° Avec une anode en platine poli, il survient un dégagement d'oxygène qui augmente en même temps que croît la teneur en hypobromite et la portion de courant qui sert à ce dégagement devient constante avec la concentration en hypobromite mais ne dépasse jamais 9 pour 100 de la quantité d'électricité anodique.

13° Avec une anode platinée, le dégagement d'oxygène anodique est très faible pour une agitation modérée du liquide et correspond à moins de 1 pour 100 de la quantité d'électricité. Le rendement en quantité des combinaisons oxygénées du brome est ainsi presque le rendement théorique et la tension anodique est inférieure à 0,3 volt à celle donnée dans les mêmes conditions par l'anode polie.

14° La concentration que l'on peut atteindre en hypobromite est d'autant plus élevée que la concentration du bromure et la densité de courant sont grandes et que la température est faible.

15° Par l'électrolyse de solutions de bromure fortement alcalines, l'hypobromite croît jusqu'à une concentration con-

stante; mais il se forme aussi dès le début du bromate en grande quantité.

16° Il se produit aussi, en solution de bromure normale-alcaline, une quantité sensible de brome libre à l'anode et cela plus facilement à l'anode platinée qu'à l'anode polie et plus abondamment avec la concentration de bromure et la densité de courant augmentantes.

17° S'il ne se produit aucune proportion sensible de brome libre à l'anode, il n'existe qu'une petite concentration d'hypobromite, le dégagement d'oxygène baisse avec la formation progressive d'hypobromite, devient constant avec ce dernier, mais correspond à environ 10 pour 100 de la quantité d'électricité.

18° Lorsque le brome libre apparaît à l'anode en solution alcaline, les résultats relatifs à la concentration de l'hypobromite et au courant dépensé pour le dégagement d'oxygène sont plus variables avec les différentes conditions de l'essai et sont tantôt un peu plus grands, tantôt un peu plus faibles que dans le cas de la solution neutre.

Ces observations conduisent aux considérations théoriques suivantes :

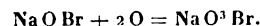
19° Pendant l'électrolyse du bromure, dans toutes circonstances, en solution neutre comme en solution alcaline, les ions-brome se déchargent à l'anode en donnant le brome libre. À côté de cela, l'oxygène libre provient de la décharge des ions-hydroxyle.

20° Le brome formé donne de l'hypobromite avec l'alcali existant en solution ou libéré à la cathode; cet hypobromite fournit la matière pour la formation électrolytique du bromate et, d'autre part, permet la concentration de l'hydroxyle nécessaire au dégagement d'oxygène en solution neutre avec anode polie.

21° Si le brome en excès est libre un temps court à l'anode, l'hypobromite se transforme purement chimiquement en bromate sous l'influence de l'acide hypobromeux en équilibre avec le brome, et cela d'autant plus rapidement que la concentration de l'hypobromite est grande, jusqu'à ce que la vitesse de transformation de cet hypobromite soit égale à sa vitesse de formation. C'est en cela que consiste la formation secondaire du bromate.

22° Cette action s'accomplit sans cesse en solution neutre dans laquelle la formation du bromate se fait ainsi d'une façon analogue à la formation électrolytique du chlorate en solution acidulée; mais elle survient aussi en solution alcaline.

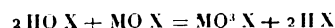
23° La présence d'alcali en excès oxyde à l'anode l'hypobromite en bromate d'après la réaction primaire



24° Si le brome libre survient à l'anode, en solution alcaline, les deux actions de formation du bromate s'effectuent simultanément. Selon les conditions de l'essai, l'une des deux actions prédomine, aussi l'électrolyse des solutions alcalines d'hypobromite donne-t-elle lieu à une grande variété de résultats.

25° La formation électrolytique du bromate se distingue surtout de celle du chlorate par ce fait que cette dernière se produit dans tous les cas par la décharge de ClO^- , tandis que la décharge des ions BrO^- ne joue aucun rôle essentiel dans la formation du bromate.

26° Le poids atomique des halogènes augmentant, la vitesse de formation d'après l'équation



augmente fortement. En même temps la formation secondaire de l'halogénate reposant sur cette action est d'autant plus grande que le poids atomique de l'halogène est élevé.

27° On peut résumer comme suit la formation des halogénates

	en solution acide	en solution neutre	en solution fortement alcaline
Chlorate	secondaire	par décharge anodique de ClO	
Bromate	secondaire		par oxydation anodique de BrO
Iodate	secondaire		

L. J.

Procédé H.-S. Blackmore pour la fabrication de l'aluminium (*Electrical Review*, Londres, t. LV, p. 994, 16 décembre). — Ce procédé utilise indirectement l'énergie électrique en employant le carbure d'aluminium ou le carbure de calcium pour la réduction de l'alumine. Celle-ci est jetée dans un bain formé de quatre parties de cryolite et une partie de fluorure de lithium fondus; ensuite on ajoute du carbure d'aluminium en quantité correspondante; l'aluminium métallique se forme par réaction du carbure sur l'alumine et tombe au fond du bain à l'état liquide; on continue à ajouter au bain des charges successives d'alumine et de carbure. — On peut substituer au fluorure de lithium du fluorure de potassium qui a même l'avantage de donner un bain plus liquide, mais le premier fluorure donne un bain de plus faible densité d'où l'aluminium se sépare mieux. — Si en même temps que l'alumine on ajoute un oxyde métallique, de l'oxyde de cuivre, par exemple, on obtient l'alliage d'aluminium correspondant. — Lorsqu'on substitue au carbure d'aluminium du carbure de calcium, celui-ci forme avec le fluorure d'aluminium de la cryolite et du carbure d'aluminium qui réagit à son tour sur l'alumine ajoutée au bain comme précédemment. Quand tout le fluorure d'aluminium est transformé, le carbure de calcium réagit directement sur l'alumine pour donner un alliage d'aluminium-calcium, mais une addition de cryolite au bain enlève le calcium de cet alliage.

Procédé pour la fabrication de la baryte (*Electrical Review*, Londres, t. LV, p. 994, 16 décembre). — On a proposé depuis quelques années d'utiliser l'action de l'eau sur le carbure de baryum pour la préparation de la baryte. D'après M. H. Becker, ce procédé est appliqué de la manière suivante dans une raffinerie de sucre de Poligno (Italie). La matière première est du carbonate de baryum impur provenant du traitement des jus sucrés par la baryte hydratée et la précipitation de celle-ci par l'acide carbonique. Ce carbonate, mélangé avec une quantité convenable de charbon, est converti en carbure de baryum dans le four électrique; les gaz chauds s'échappant du four sont utilisés pour dessécher le carbonate. Par l'action de l'eau le carbure est transformé en baryte hydratée, qui sert de nouveau à l'épuration des jus sucrés, et en acétylène que l'on utilise à la fabrication du noir d'acétylène.

Le blanchiment des farines par l'électricité, par BALLAND (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXXIX, p. 822, 14 novembre 1904) et par J.-N. ASLOP (*Ind. élect.*, t. XIII, p. 594, 25 déc. 1904). — La Note de M. Balland indique les modifications produites dans la composition des farines soumises à l'action de l'air électrisé en vue de les rendre plus blanches. L'analyse d'un échantillon avant et après traitement a donné pour 100 parties :

	Avant.	Après.
Eau	11,40	11,45
Matières azotées ..	9,86	9,91
Matières grasses ..	0,91	0,98
Cellulose	0,10	0,10
Cendres	0,50	0,49
Acidité	0,0147	0,0196

Les modifications ne portent d'une manière appréciable que sur les matières grasses et sur l'acidité. Les matières grasses, après le traitement électrique, sont légèrement rances: l'huile jaune du blé, si aromatique au moment de la mouture, a été oxydée et transformée partiellement en acides gras, blancs, solubles dans l'alcool absolu. Le pain obtenu est plus blanc, mais moins savoureux. — D'après M. Aslop, les farines soumises à l'action de l'air ozoné seraient non seulement plus blanches mais encore beaucoup plus riches en matières azotées que les farines ordinaires, comme l'indique le Tableau suivant :

	Avant.	Après.
Eau	9,14	10,15
Amidon	74,11	62,24
Matières azotées ...	14,00	26,71
Cendres	0,44	0,50
Matières grasses ...	0,62	0,62

On remarquera combien les résultats des deux auteurs sont différents : tandis que M. Aslop trouve une augmentation d'environ 70 pour 100 de matières azotées, M. Balland n'en constate aucune. Et cependant l'air électrisé dont parle ce dernier est sans nul doute l'air ozoné dont se sert le premier. La question du traitement des farines par l'électricité reste donc ouverte.

Oxydation électrolytique des hydrocarbures aromatiques, par F.-M. PERKIN et H.-D. LAW (*Electrochemical Industrie*, t. II, p. 487, déc. 1904). — Extrait d'une Communication faite le 25 octobre à la Faraday Society, de Londres.

Sur l'électrolyse d'acides organiques au moyen du courant alternatif, par A. BROCHET et J. PETIT (Note présentée à la séance du 13 février de l'Académie des Sciences. *Comptes rendus*, t. CXL, p. 442). — Lorsqu'on électrolyse de l'acide sulfurique par le courant continu, l'anion en réagissant sur l'eau régénère l'acide avec mise en liberté d'oxygène. Cette régénération est commune à tous les acides oxygénés, mais les acides organiques donnent lieu, en outre, à des réactions spéciales le plus souvent non réversibles. Il y avait donc lieu de penser que ces réactions non réversibles s'observeraient aussi avec le courant alternatif. Pour résoudre ce point, les auteurs ont étudié l'électrolyse par courant alternatif des acides acétique, oxalique, formique et du formiate de potassium; ils ont constaté que pour ces trois derniers corps les résultats sont, conformément aux prévisions, les mêmes qu'avec le courant continu et qu'en outre les rendements sont très élevés : avec l'acide acétique on n'a qu'un faible dégagement de gaz formé en majeure partie de gaz tonnant résultant de la décomposition de l'eau.

BREVETS RÉCENTS.

Métalloïdes et métaux : CASSEL. USAP. 775597, 22 mai 1903 (extraction de l'or de ses minerais). — DE MARE. BF. 346427, 23 sept. 1904 (ventilateur à ozone). — DOYEN. BF. 346811, 5 oct. 1904 (tonneau tournant pour dépôts électrolytiques). — FRANK. USAP. 777669, 8 mars 1900 (hydrosulfites). — JAHN. USAP. 775752, 5 sept. 1903 (baryte hydratée). — LEETHAM et BOUSFELD. BP. 456, 1904 (chlors). — PAULING. USAP. 777486, 12 août 1902 (acide azotique). — SIEMENS et HALSKE. BP. 16396, 1904 (zinc par électrolyse). — WERNER. USAP. 777987 à 777990, 13 juin et 6 août 1904 (traitement des gaz de l'air).

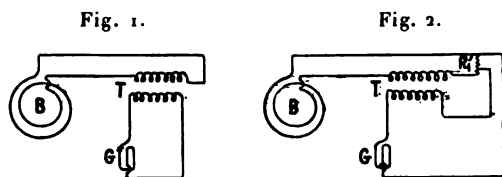
Divers : ATKINS. BF. 348008, 18 nov. 1904 (électrodes). — BERG. BP. 15952, 1904 (électrode). — CORNARO. BP. 22090, 1903 (électrode). — DU BOIS. BP. 23853, 1903 (appareil électrolytique). — SENEMAUD. BF. 347712, 16 janv. 1904 (électrolyseur à diaphragme et électrodes en lames de persiennes). — TOWNSEND. BP. 18403, 1904 (procédé électrolytique).

MESURES ET ESSAIS.

L'étude directe du flux magnétique par le fluxographe, par A. BLONDEL. Communication faite au Congrès de Grenoble de l'Association française pour l'avancement des Sciences.

Dans cette Communication, l'auteur expose le principe et donne la description d'un appareil destiné à la mesure directe des flux magnétiques, appareil présenté en 1902 à l'Exposition de Pâques de la Société de Physique, mais dont aucune description complète n'a encore été publiée.

Cet appareil se compose d'une bobine B (fig. 1)



traversée par le flux Φ que l'on veut évaluer, d'un transformateur sans fer T, et enfin d'un galvanomètre G sans force directrice ni amortissement.

Il est facile de démontrer ⁽¹⁾ que dans ces condi-

⁽¹⁾ Voici cette démonstration :

Soient R et R' les résistances du primaire et du secondaire du transformateur, r la résistance de la bobine d'épreuve, r' celle de la bobine du galvanomètre; L, L', l, l' les inductances correspondantes; N, N', n, n' les nombres de tours de ces bobines; G la constante du galvanomètre pour une spire moyenne; K le moment d'inertie de la partie mobile du galvanomètre; enfin σ le coefficient de fuites magnétiques du transformateur.

Le courant induit dans la bobine B et qui traverse le circuit primaire du transformateur est

$$i = - \frac{n}{R + r} \frac{d\Phi}{dt};$$

le courant induit dans le circuit secondaire,

$$i' = \frac{nM}{(R + r)(R' + r')} \frac{d^2\Phi}{dt^2} = \frac{n\sqrt{(1-\sigma)}LL'}{(R + r)(R' + r')} \frac{d^2\Phi}{dt^2}.$$

Le galvanomètre étant supposé sans couple directeur et sans amortissement, sa déviation α à l'instant t est donnée par

$$\frac{K d^2\alpha}{dt^2} = G n' i' = \frac{G n n' \sqrt{(1-\sigma)} L L'}{(R + r)(R' + r')} \frac{d^2\Phi}{dt^2}.$$

Si donc on ferme le circuit galvanométrique à l'instant où le flux passe par zéro, la constante d'intégration est nulle et α varie proportionnellement à Φ . Il en est encore de même si l'on fait décrire à Φ un cycle alternatif, une fois que le régime permanent est atteint.

On voit par la formule précédente que la sensibilité du dispositif croît proportionnellement à G et en raison inverse de K; il faut donc donner à la constante galvanométrique une valeur aussi grande que possible et réduire le plus possible le moment d'inertie de la partie mobile.

D'autre part, comme n et n' sont sensiblement proportionnels aux inductances l et l', la sensibilité est aussi pro-

portionnelle à la déviation α du galvanomètre est à chaque instant proportionnelle au flux Φ qui traverse la bobine à cet instant, de sorte que, si l'on enregistre cette déviation sur une feuille de papier se déplaçant proportionnellement au temps dans une direction perpendiculaire, on aura bien réalisé un *fluxographe*, c'est-à-dire un appareil donnant immédiatement la courbe de variation d'un flux en fonction du temps. Remarquons d'ailleurs que l'enregistrement peut aussi s'effectuer sur une feuille de papier sensible fixe en utilisant un rayon lumineux se réfléchissant sur le miroir du galvanomètre puis sur un miroir tournant ou oscillant dont le déplacement angulaire est proportionnel au temps; c'est ce procédé d'enregistrement qu'applique l'auteur.

Il est en outre évident que l'instrument se prête facilement à l'inscription des cycles d'aimantation, c'est-à-dire des courbes donnant le flux en fonction du courant magnétisant produisant ce flux: il suffit en effet pour cela de recevoir le rayon lumineux réfléchi par le miroir du galvanomètre sur un second miroir porté par un ampèremètre traversé par le courant magnétisant.

Les difficultés pratiques que présente l'application de ces procédés d'enregistrement avaient déjà été rencontrées et surmontées par l'auteur dans ses oscillographes. Restait à construire un galvanomètre remplissant les conditions énoncées, c'est-à-dire sans couple directeur, ni amortissement appréciables.

Le galvanomètre auquel s'est arrêté l'auteur dérive du type Thomson à une paire de bobines. Le barreau aimanté, très petit (3 mm à 4 mm de long, 1 mm de haut, 0 mm, 3 d'épaisseur), porte un miroir de 1 mm² de surface et est maintenu par deux pivots verticaux très courts (0 mm, 2 à 0 mm, 3 de diamètre) tournant dans des crapaudines en agate fixées dans un anneau de verre, de façon à supprimer tout couple de torsion directeur. L'anneau de verre est fixé dans un bout

proportionnelle à

$$\frac{\sqrt{LL'U'}}{(R + r)(R' + r')}.$$

Mais, pour avoir une précision donnée, on doit rendre les constantes de temps des deux circuits inférieures à une certaine valeur (par exemple $\frac{1}{50000}$); on doit donc poser

$$\frac{L + l}{R + r} = \frac{L' + l'}{R' + r'} = a,$$

et la sensibilité se trouve alors être proportionnelle à

$$\frac{\sqrt{LL'U'}}{(L + l)(L' + l')}.$$

A précision égale, la sensibilité est par conséquent maximum quand les inductances des quatre bobines sont égales entre elles.

de tube de verre horizontal fermé en avant par une lentille plan convexe collée au baume de Canada et qui porte en arrière un téton permettant de faire le vide dans le tube afin d'annuler l'amortissement par l'air. Autour du tube sont enroulées les deux bobines qu'entoure un anneau d'ébonite. Cet anneau est fixé, par deux pivots horizontaux et deux tiges verticales, au couvercle en fer d'une boîte également en fer, destinée à protéger l'équipage mobile contre l'influence d'un champ magnétique extérieur, et percée latéralement d'une ouverture pour le passage du rayon lumineux. Enfin cette boîte est elle-même placée dans une caisse en bois, à laquelle elle est fixée par une tige horizontale à coulisse. Le coulisement de cette tige, la rotation du couvercle de la boîte en fer et, en troisième lieu, la rotation de l'anneau d'ébonite autour de ses pivots horizontaux (rotation commandée par une vis de rappel traversant le couvercle de la boîte) permettent de donner au miroir trois mouvements utilisables pour le réglage de l'instrument.

Après avoir indiqué comment on effectue ce réglage, comment on s'assure que les indications de l'instrument sont bien proportionnelles à Φ , et enfin comment on effectue le tarage, c'est-à-dire la détermination de la valeur numérique du facteur de proportionnalité, M. Blondel fait observer qu'il n'est pas indispensable d'avoir un galvanomètre sans amortissement si l'on ne craint pas de compliquer le montage en utilisant le procédé de correction si habilement mis en œuvre par M. Abraham dans son rhéographe. En particulier, on peut adopter le dispositif représenté par la figure 2, au moyen duquel on superpose, au courant induit i' proportionnel à $\frac{d^2\Phi}{dt^2}$, un courant dérivé i'_1 proportionnel à $\frac{d\Phi}{dt}$ qui peut compenser l'influence perturbatrice du couple directeur ⁽¹⁾.

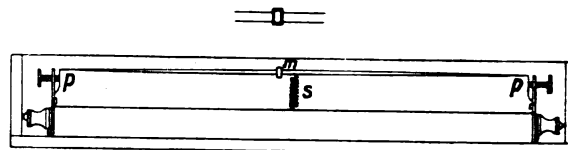
En terminant, M. Blondel fait remarquer que, dans le fluxomètre présenté récemment par M. Grassot à la Société de Physique et à la Société des électriciens ⁽²⁾, ce n'est qu'approximativement que la dé-

viation galvanométrique est proportionnelle au flux, car, pour que la proportionnalité soit rigoureuse, il faudrait que le galvanomètre fût sans inertie; l'appareil de M. Grassot ne pourrait pas servir de fluxographe pour des variations rapides de flux ⁽¹⁾.

J. B.

Ampèremètre thermique pour les courants de très faible intensité, par J. FLEMING (*Phil. Mag.*, 6^e série, t. VII, p. 596-604). — A de petites équerres en cuivre p fixées aux extrémités d'une règle en bois (longueur 1^m; largeur 2^{cm}, 5) sont soudés deux fils tendus parallèlement à 5^{mm} de distance (fig. 1 et 2). Ces fils sont en argent, très

Fig. 1.



conducteur, ou en alliage de haute résistivité, constantan, manganine, etc.; leur diamètre est de 0^{mm},05. Des vis permettent de régler la tension des deux fils. Quand le courant passe dans l'un d'eux, celui-ci s'infléchit et cette flexion est amplifiée et observée par un dispositif optique. Sur les deux

bins exploratrice du flux est *directement* reliée à un galvanomètre genre Deprez-d'Arsonval, sans couple directeur et ayant un très grand amortissement. Si dans l'équation du mouvement de l'équipage galvanométrique on néglige le terme provenant de l'inertie et celui provenant du couple directeur devant le terme provenant de l'amortissement, cette équation se réduit

$$A \frac{dx}{dt} = G i,$$

et comme l'intensité i , proportionnelle à la force électromotrice induite, est proportionnelle à la variation $\frac{d\Phi}{dt}$ du flux, on voit que x croît proportionnellement à Φ .

⁽¹⁾ Cette objection de M. Blondel a été publiée dans le numéro de novembre du *Bulletin de la Société internationale des Electriciens* (p. 703). M. Grassot y répond en ces termes :

« Je suis parfaitement d'accord avec M. Blondel et reconnais volontiers que le fluxmètre employé comme fluxographe donnera des courbes déformées. Cette déformation sera d'autant plus grande que les termes en $\frac{d^2x}{dt^2}$ et $\frac{d^2\Phi}{dt^2}$ seront eux-mêmes plus grands. M. Blondel a surmonté la difficulté par un dispositif ingénieux; je trouve qu'il est plus commode de rendre ces erreurs négligeables en s'astreignant à n'avoir que des variations lentes de flux. Cette lenteur a, de plus, le grand avantage de permettre de supprimer l'inscription photographique et de la remplacer par un tracé à la main en suivant avec un crayon le point lumineux quise déplace sur une feuille de papier.

» Dans mes appareils, la déviation du cadre produit une variation de flux sensiblement égale et opposée à celle à mesurer; je vois là une différence essentielle avec ceux de M. Blondel dans lesquels un aimant léger et suspendu ne peut produire que des variations de flux négligeables devant celles à mesurer. »

⁽¹⁾ En effet, l'équation du mouvement du système mobile est alors

$$K \frac{d^2x}{dt^2} + A \frac{dx}{dt} = G n' (i' + i'_1) - k \frac{d^2\Phi}{dt^2} + a \frac{d\Phi}{dt},$$

de sorte que x est encore proportionnel à Φ si l'on remplit la condition supplémentaire

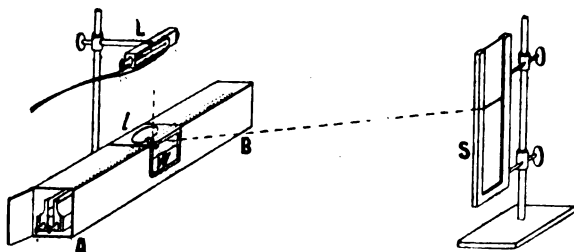
$$\frac{a}{A} = \frac{k}{K},$$

ce qui est possible en faisant varier la résistance R'_1 entre les points de dérivation du courant i'_1 .

⁽²⁾ Voir *La Revue électrique*, t. I, 30 mars 1904, p. 191, et t. II, 30 juillet 1904, p. 64. Rappelons que dans ce fluxomètre la bo-

fil, en leur milieu, est enroulée une petite boucle formée d'une bande de papier très étroite (2^{mm} environ sur 12^{mm} à 15^{mm} de longueur. Sur la bande de papier, à l'aide d'une goutte de gomme laque, est collé un fragment de lamelle couvre-objets, argentée (5^{mm} × 3^{mm}). La tension des fils est réglée de manière que ce petit miroir soit à 45° de l'horizon, quand aucun courant ne traverse l'appareil : ils sont tendus

Fig. 2.



par deux ressorts à boudin très légers fixés à la règle. Le tout est enfermé dans une caisse en bois (106^{cm} × 8^{cm} × 6^{cm}), dans le couvercle de laquelle est montée, en face du petit miroir, une lentille *l* de 10^{cm} de distance focale. Cette lentille donne une image réelle du filament d'une lampe à incandescence *L* placée au-dessus et l'on reçoit cette image sur un écran de verre dépoli *S* disposé à 1^m environ. On gradue l'appareil à l'aide de courants continus de capacité connue.

Quand l'instrument doit servir comme ampèremètre, il faut, pour obtenir la sensibilité, employer des fils très fins et de grande résistivité. S'il est destiné à servir de voltmètre, les fils doivent être peu résistants. Convenablement construit, l'ampèremètre mesure des courants de l'ordre du centième d'ampère à 2 ou 3 pour 100 près.

Le déplacement de l'image du filament est à très peu près proportionnel au carré de l'intensité du courant. Pour les besoins de la pratique, il suffit donc de déterminer le facteur de proportionnalité avec un seul courant continu d'intensité connue.

M. L.

Amortissement électrostatique des galvanomètres (*Electrician*, t. LIV, p. 671, 10 février, d'après *Annalen der Physik* de janvier). — Pour amortir les oscillations, W. Einthoven dispose en dérivation, sur le circuit galvanométrique, un condensateur. Dans ces conditions la déviation *a* à l'instant *t* est donnée par la formule

$$a = A \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right),$$

A étant la déviation permanente, C la capacité et R une résistance définie par l'expression

$$R = \frac{R_i + R_0}{R_i - R_0},$$

R_i désignant la résistance du galvanomètre et *R₀* celle du circuit extérieur. La constante de temps *T* = *RC* (exprimée en secondes, si *R* est exprimée en ohms et *C* en farads) peut être variée entre de très larges limites en modifiant la capacité *C*. L'auteur donne quelques courbes montrant le degré d'apériodicité que l'on peut obtenir; dans l'une d'elles la déviation finale est atteinte en 0,026 seconde avec une capacité de 1 microfarad et n'indique aucune trace d'oscillation. Avec ce dispositif d'amortissement et avec une suspension par fil de quartz, un galvanomètre peut servir à relever des courbes de courants variables tout aussi exactement qu'un oscillographe.

Sur quelques applications des galvanomètres à corde, par W. EINTHOVEN (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 861, 29 septembre 1904). — Le galvanomètre ainsi désigné se compose essentiellement d'un fil de quartz argenté tendu dans l'entrefer d'un électro-aimant; le passage d'un courant dans ce fil le fait fléchir et la mesure de sa flèche donne la valeur de l'intensité. L'auteur est arrivé à lui donner une sensibilité considérable puisqu'il peut déceler des courants de l'ordre de 10⁻¹² ampère. Avec cette sensibilité le galvanomètre peut remplacer l'électromètre pour l'essai des matières radioactives, en mesurant la conductibilité de l'air sous leur influence. Le même galvanomètre peut aussi servir pour la mesure des très grands isolements et des très petites quantités d'électricité. On peut arriver à observer des quantités égales à 5 × 10⁻¹² coulomb.

II. A.

Compteur totalisateur de l'énergie fournie par une usine, par Thomas DUNCAN (Brevet américain, 768934, 6 juin 1904). Cet appareil est destiné à totaliser les indications de divers compteurs, à courant continu ou à courant alternatif, en fonction dans une usine. Dans ce but, l'armature d'une petite dynamo à excitation séparée est montée sur le prolongement de l'arbre de chacun de ces compteurs. Le champ inducteur de toutes ces dynamos est maintenu constant, de sorte que la force électromotrice développée par chacune d'elles soit proportionnelle à la vitesse de rotation de l'arbre du compteur correspondant. Toutes les armatures sont reliées en série entre elles et avec l'armature du compteur totalisateur; la vitesse de rotation du disque de celui-ci, étant proportionnelle à la différence de potentiel du courant qui le traverse, se trouve donc être proportionnelle à la somme des forces électromotrices développées dans les armatures des petites dynamos des compteurs ordinaires et par conséquent à la somme des quantités d'énergie enregistrées par ces divers compteurs.

Sur la théorie des photomètres de Matthews et de Russell-Leonard pour la mesure des intensités moyennes sphériques et hémisphériques, par EDWARD P. HYDE (*Elect. World and Eng.*, t. XLIV, p. 687, 22 oct. 1904). — Cet article, résumé d'un Mémoire détaillé présenté au Bureau of Standards, montre que, aussi bien au point de vue de l'exactitude qu'à celui de la commodité des mesures, le photomètre Russell-Leonard est préférable à celui de Matthews tant pour les lampes à incandescence que pour les lampes à arc.

BREVETS RÉCENTS.

Compteurs : ALLOMEINE ELECTRICITÄT GES. BF. 347249 et 347305, 20 et 21 oct. 1904. — DIAMANT. DRP. 158701, 3 avril 1904 (pour accumulateurs). — DUNCAN. BP. 19580, 1904. — HARTMANN et BRAUN. DRP. 158817, 26 avril 1904. — KLOSTERMANN. DRP. 158700, 20 fév. 1904. — LAKE. BP. 3891, 1904. — RASCH. DRP. 158702, 22 avril 1904. — TOURTEL. BP. 4376, 1904. — WALKER. USAP. 780545, 28 fév. 1903. — WOOD. USAP. 780769 et 780770, 11 février et 10 mai 1904.

Divers : BRISTOL. USAP. 776491, 23 fév. 1904 (compensateur de température). — CARPENTIER. BF. 347379, 24 oct. 1904 (appareil thermique). — DUDDEL. BP. 2948, 1904 (wattmètre). — ELPHINSTONE. BP. 4234, 1904 (inst. de mesure). — FISCHER. BP. 3205, 1904 (inst. de mesure). — KELLOGG. USAP. 780507, 6 oct. 1904 (app. d'essai d'isolement des bobines). — MORCK. DRP. 158491 (compensateur de température). — ROBINSON. USAP. 779737, 18 août 1904 (shunt). — SARGENT. USAP. 777950, 11 juil. 1904 (indicateur des conditions magnétiques d'un métal). — SIEMENS et HALSKÉ. DRP. 158801, 22 nov. 1903 (inst. de mesure). — WEST et DE BOIS. USAP. 779247 (mesure de résistances). — WILSON. BP. 2707, 1904 (wattmètre).

DIVERS.

Sur un enregistreur des ions de l'atmosphère, par P. LANGEVIN et M. MOULIN (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 305, 30 janv.). — Cet enregistreur utilise la méthode d'Ebert, employée par plusieurs expérimentateurs et, en particulier, par M. Langevin dans les expériences dont les résultats ont été récemment communiqués à la Société de Physique (*Rev. élect.*, t. II, p. 348), méthode qui consiste, comme on sait, à évaluer la perte de charge ou de potentiel qu'éprouve, sous l'effet des ions venant les frapper, une armature et un condensateur cylindrique dont l'espace annulaire est traversé par un courant d'air. Dans l'enregistreur Langevin et Moulin, l'instrument de mesure est un électromètre très amorti, genre Curie, dont les déviations sont enregistrées photographiquement ; des cames, mues par l'anémomètre ou le compteur mesurant le volume d'air traversant l'appareil, effectuent automatiquement les quatre opérations suivantes chaque fois que ce volume a atteint une valeur 7 m^3 pour les débits rapides : 1° l'électrode E, qui recueillait les ions d'un certain signe et communiquait avec l'électromètre, est séparée de celui-ci, qui reste isolé, et ramenée au potentiel zéro où elle est maintenue pendant un temps très court, suffisant pour qu'une came voisine réalise l'inversion du champ dans le condensateur C en inversant les connexions de la batterie de charge ; l'électrode est ensuite isolée et recueille les ions du signe contraire au précédent ; 2° l'électromètre qui vient d'être isolé et qui avait été dévié d'une quantité proportionnelle au nombre d'ions recueilli pendant la période précédente reste isolé pendant un temps suffisant pour que la position atteinte par l'aiguille se marque nettement sur le papier sensible ; 3° après quelques secondes, l'électromètre est ramené au zéro où il reste un temps suffisant pour que cette position se marque à son tour ; 4° enfin, l'électromètre est isolé de nouveau et remis en communication avec l'électrode E qui partage avec lui les charges qu'elle a recueillies depuis la première opération effectuée environ 60 secondes auparavant ; l'électromètre dévie et cette déviation augmente jusqu'à ce que le volume d'air fixé ait de nouveau passé dans l'appareil, ce qui demande de 10 à 15 minutes ; un nouveau contact se produit alors dans la minuterie et la même série d'opérations se répète, alternativement pour les ions des deux signes ; on obtient ainsi deux ou trois points par heure pour chaque signe. — Cet enregistreur, actuellement en fonctionnement au Collège de France, sera bientôt installé au sommet de la Tour Eiffel. — En terminant, les auteurs indiquent une modification ayant pour effet de rendre les déviations de l'électromètre constamment proportionnelles au nombre d'ions de même signe contenus dans l'air.

Frein synchronisant électromagnétique, par H. ABRAHAM (Communication faite à la séance de la Société française de Physique du 3 février et Note présentée à la séance de l'Académie des Sciences du 6 février, *Comptes rendus*, t. CXL, p. 368). — Dans un assez grand nombre d'expériences on est conduit à entraîner un appareil au moyen d'un moteur synchro actionné par un courant alternatif. On peut alors être gêné par la complication qu'apporte le dispositif spécial de démarrage et par la perturbation que le moteur introduit dans le circuit. On atténue beaucoup ces inconvénients à l'aide de l'artifice suivant. — L'appareil particulier qu'il faut entraîner est mû par un moteur auxiliaire. L'axe de ce moteur porte une roue dentée en cuivre rouge dont les dents défilent dans l'entrefer d'un électro-aimant ayant ses deux branches de part et d'autre du plan de la roue. Cet électro-aimant est actionné par le courant alternatif sur lequel on veut synchroniser le moteur. Supposons pour un instant le synchronisme établi et supposons, en outre, que chaque dent passe dans l'entre-fer au moment

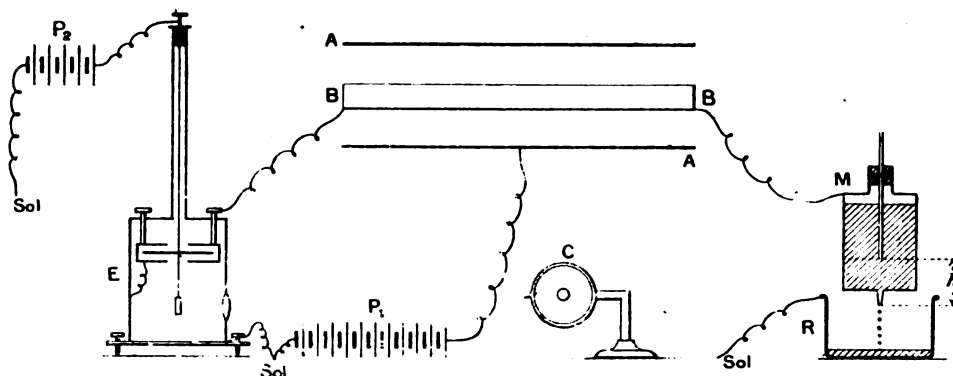
où le champ magnétique est presque nul. Les courants induits sont alors très faibles et le *freinage* qu'ils produisent est, par conséquent, minimum. Pour maintenir le synchronisme, il suffirait que la puissance fournie au moteur auxiliaire fût juste suffisante pour produire le mouvement et pour compenser la petite quantité d'énergie absorbée par le frein. Si nous fournissons au moteur une puissance un peu supérieure à cette valeur critique, ce moteur prend tout d'abord une légère avance de phase sur le courant alternatif. Les dents de cuivre rouge passent alors dans l'entrefer à des instants où le champ magnétique a une valeur sensible ; les courants induits augmentent et le frein absorbe toute l'énergie supplémentaire du moteur, *sans que sa vitesse puisse augmenter*. — En pratique, la manœuvre se réduit à ceci : on met le moteur en marche et l'on fait passer le courant alternatif dans l'électro-aimant. La synchronisation se produit spontanément, le moteur *s'accroche* tout seul. — Si les deux appareils à synchroniser produisaient tous deux des courants alternatifs, on pourrait exercer le freinage sur un disque de cuivre continu ou sur le rotor d'un moteur. Il suffirait que l'électro-aimant eût un enroulement différentiel dont les circuits seraient parcourus par les courants des deux machines.

Hystérésis magnétique aux fréquences élevées dans le nickel et les aciers au nickel, par CH.-EUG. GUYS et A. SCHIDLOF (Note présentée à la séance du 6 février de l'Académie des Sciences, *Comptes rendus*, t. CXL, p. 369). — Dans cette Note les auteurs font connaître les résultats qu'ils ont obtenus en appliquant au nickel et aux ferromagnétiques la méthode qu'ils ont utilisée il y a quelques mois pour l'étude de l'hystérésis du fer, étude signalée dans la *Revue Électrique* du 15 octobre, p. 222. Voici ces résultats : 1° Entre 300 et 1200 périodes par seconde, l'énergie dissipée par cycle est, comme pour le fer, indépendante de la vitesse avec laquelle le cycle d'aimantation est parcouru ; 2° En maintenant constantes la température et la fréquence et en faisant varier l'intensité efficace du champ magnétisant alternatif, on trouve que la perte par hystérésis reste faible jusqu'à des champs relativement élevés ; ce fait est peut-être dû à la dureté acquise par les fils par suite de l'écroutissage à la filière, dureté qui aurait pour effet de déplacer le maximum de la perméabilité du côté des champs élevés ; il est peut-être dû aussi à la viscosité magnétique, la magnétisation ne pouvant suivre les fluctuations du champ magnétisant dans le cas des champs faibles. Pour le champ maximum étudié, 107,7 C.G.S., et pour la fréquence 1200, la chaleur dégagée par cycle et par centimètre cube, évaluée en ergs, est de 119800 pour l'acier à 27 pour 100 de nickel, 63900 pour le fer, 23100 pour l'acier à 36 pour 100, 13600 pour le nickel pur, 10700 pour l'acier à 45 pour 100 ; 3° D'une façon générale il y a analogie entre les courbes relatives au nickel et à l'acier à 27 pour 100 de nickel, lequel appartient au groupe des aciers *réversibles*, mais est très proche du groupe des *irréversibles* ; d'autre part, il y a analogie entre les courbes relatives au fer et aux aciers-nickel à 35 et 45 pour 100 appartenant au groupe des aciers réversibles.

Enregistreur à écoulement liquide de l'ionisation atmosphérique, par CH. NORDMANN (Note présentée à la séance du 13 février de l'Académie des Sciences, *Comptes rendus*, t. CXL, p. 480). — L'air ionisé passe entre les armatures A et B d'un condensateur cylindrique (dont l'armature externe A est reliée à une pile de charge P.) et fournit à l'armature interne B une quantité d'électricité Q par seconde pour un débit donné du courant gazeux, Q étant proportionnel au nombre des ions par unité de volume du gaz. L'armature B est reliée à l'une des paires de quadrants de l'électromètre E (du type Curie amorti) dont l'autre paire est au sol. B com-

munique également avec le récipient métallique isolé M, contenant un liquide conducteur, de l'eau par exemple; ce récipient constitue un vase de Mariotte et fournit, par un orifice capillaire placé à sa partie inférieure, un écoulement régulier de n gouttes par seconde, r étant le rayon de ces

gouttes. Celles-ci tombent dans un récipient métallique R relié au sol, et, comme chacune d'elles emporte une charge égale à rV (V étant à ce moment le potentiel du système BM), il s'ensuit que l'écoulement du liquide enlève chaque seconde, à BM, une charge égale à nrV . Soit C la capacité du



système BM. En exprimant que l'augmentation de charge de ce système est égale à la charge fournie par le gaz ionisé, diminuée de celle qu'emporte l'écoulement liquide, on a l'équation $CdV = Q dt - nrV dt$. Dans la pratique et conformément au calcul, l'équilibre s'établit au bout d'un temps très court entre la charge Q apportée par les ions et le courant de décharge nrV par unité de temps, de sorte que $V = Q : nr$, c'est-à-dire que les déviations de l'électromètre sont sans cesse proportionnelles au nombre des ions par unité de volume du gaz. Ces déviations sont photographiées sur un cylindre enregistreur C à fente horizontale, au moyen d'un pinceau lumineux réfléchi sur le miroir de l'électromètre. Cet enregistreur est en fonctionnement à l'Observatoire de Paris.

Entretien électrique des corps vibrants, par A. GUILLET (Communication faite à la séance du 3 février de la Société française de Physique). — Pour combattre l'amortissement des systèmes vibrants (pendule oscillant, pendule de torsion, diapason, corde tendue. etc.), il faut leur communiquer de l'énergie réparatrice. Si cette énergie est fournie par une impulsion de très courte durée, on ne change pas la période du système. Si cette impulsion est produite au moment même où le système passe par sa position d'équilibre, on n'en modifie pas la phase; toutefois, comme M. Lippmann l'a montré en 1896 (*Comptes rendus*, 13 janvier), il n'est pas absolument indispensable que l'impulsion ait lieu à ce moment précis: si l'on s'arrange de manière que deux impulsions égales consécutives se produisent aux moments où le système passe par une même position dans les deux sens, il y a compensation entre les perturbations de phases dues aux deux impulsions. — L'auteur a appliqué cette dernière condition à un diapason. L'électro-aimant placé entre les branches du diapason reçoit, au lieu d'un courant alternativement établi et interrompu, comme cela a lieu dans l'entretien classique de M. Mercadier, les charges et les décharges périodiquement induites dans un petit transformateur. Les connexions sont établies de manière que ces charges et décharges produisent une action motrice sur les branches aimantées du diapason. — Cette aimantation peut être déterminée au moyen de l'électro d'entretien lui-même (électro à noyau aimanté) comme cela a lieu dans le téléphone; mais, si l'on a besoin de pouvoir faire varier à volonté l'intensité d'aimantation des branches, il est préférable de se servir d'une bobine auxiliaire enfilée sur l'une d'elles. — Pour produire les impulsions d'entretien chaque

fois que le diapason repasse par la même position, on intercale dans le circuit primaire un interrupteur formé d'une pièce fixe a , et d'une pièce mobile b commandée par un fil de coran fixé à l'une des branches du diapason. Le fil étant tendu, il suffit de fermer le contact par l'approche de b pour que le diapason entre en vibration et s'y maintienne. La pièce entraînée doit réagir de façon que le fil reste tendu pendant le retour de a vers la position d'équilibre; on est assuré par là que le contact s'établit pour la position du diapason qui correspond à la coupure du circuit primaire du transformateur. — On peut varier beaucoup la disposition de l'interrupteur. Dans l'un des modèles présentés, a est un fil métallique à tension micrométriquement réglable et b un cylindre de charbon qui peut recevoir un mouvement de translation normal au fil. L'emploi du charbon permet d'éviter toute soudure au contact. Dans un autre modèle, a est une épingle à cheveux avec pont métallique; les branches de cette épingle sont soudées à deux minces lames d'acier pincées entre deux planchettes que l'on serre l'une contre l'autre à l'aide de deux vis, lorsque la partie libre des ressorts est d'une longueur convenable; b est la tête d'une seconde épingle portant également un fil transversal normal au précédent, sur lequel il vient s'appuyer lorsqu'on fait fléchir, au moyen d'une vis de poussée, la tige qui porte b . Quel que soit le système employé, il est commode de pouvoir régler indépendamment la tension du fil et la pression propre au contact. — En établissant la communication entre a et b par l'intermédiaire d'un fil c , entraîné par a , lorsque le corps vibrant passe par sa position d'équilibre dans un certain sens, on pourrait produire les impulsions au moyen d'un courant instantané emprunté directement à la pile, puisque le circuit n'est fermé que pendant le temps très court que dure la suppression du contact, soit entre b et c (aller), soit entre a et c (retour). C'est un interrupteur de ce type que M. Lippmann a construit pour entretenir son premier pendule par le jeu de la charge et de la décharge d'un condensateur. — En terminant, M. Guillet indique un second mode d'entretien très général, qui laisse le corps vibrant absolument libre et qui consiste simplement à transmettre, par les supports ou autrement, à un contact vibrant (mis en série avec la pile de l'électro-aimant d'entretien) le mouvement du système à entretenir. Par un serrage convenable de ses deux parties le contact se synchronise sur le corps vibrant et il se produit un véritable *accrochage* entre le diapason et l'électro d'entretien; le système vibre ensuite indéfiniment.

BIBLIOGRAPHIE (1).

L'accumulateur électrique et ses applications industrielles, par LAMAR LYNDON. Traduit de l'anglais par CH. DE VAUBLANC, Ingénieur à la Société française de l'accumulateur Tudor. 1 vol., format 24^{cm} × 16^{cm}. 392 pages, 184 figures. Ch. Béranger, éditeur, 15, rue des Saints-Pères, Paris. Prix : cartonné, 17^{fr}, 50.

Comme l'indique son titre, l'Ouvrage est divisé en deux parties, d'étendues à peu près égales, la première consacrée à l'exposé des propriétés de l'accumulateur au plomb, la seconde à la description de ses applications. Dans l'une et l'autre, l'auteur se place au point de vue de l'exploitant ayant une batterie d'accumulateurs d'un système quelconque et qui, pour en tirer le meilleur parti possible, a besoin de conseils, soit pour les soins d'entretien de la batterie elle-même, soit pour le choix et la manœuvre des appareils accessoires, résistances, réducteurs, survolteurs, etc. A ce point de vue l'Ouvrage est essentiellement pratique; l'ingénieur chargé de la direction d'une usine génératrice pour éclairage ou traction y trouvera de précieux renseignements.

Mais que l'inventeur qui essaie de trouver un nouvel accumulateur, que le constructeur qui désirerait se renseigner sur la fabrication, que l'acheteur qui voudrait se rendre compte des qualités et défauts des nombreux types d'accumulateurs actuellement dans le commerce, que ni les uns ni les autres ne cherchent dans l'Ouvrage de M. Lamar Lyndon une réponse à leurs préoccupations; cet Ouvrage ne constitue pas un traité complet de l'accumulateur, il n'envisage qu'un côté du sujet. Il le traite d'ailleurs fort bien et nous nous serions abstenus de cette remarque si nous n'avions craint que la généralité du titre n'induisit le lecteur en erreur sur le contenu.

J. B.

Le Monteur électricien, par E. BARNI et J.-A. MONTPELLIER. 1 vol. format 18^{cm} × 12^{cm}, 484 pages, 224 figures. J.-B. Baillière et fils, éditeurs, 19, rue Hautefeuille, Paris. Prix : cartonné, 5^{fr}.

Fort apprécié en Italie où quatre éditions se sont rapidement succédées, l'Ouvrage de M. Barni a été non moins bien goûté du public français, si l'on en juge par la rapidité avec laquelle a été enlevée la première édition de la traduction faite par M. Montpellier.

La seconde édition, que nous présentons un peu tardivement à nos lecteurs (elle a paru au commencement de 1904) présente sur sa devancière quelques améliorations importantes.

Diverses parties de l'Ouvrage, en particulier ce qui concerne les alternateurs et les dynamos à courant continu, ont été, en effet, complètement remaniées et complétées par M. Montpellier en vue de les mettre

mieux en rapport avec les connaissances des lecteurs français. Nul doute que ces remaniements et compléments ne soient bien accueillis des monteurs électriciens et que cette nouvelle édition n'ait encore plus de succès que la précédente.

J. B.

Elementare Vorlesungen ueber Telegraphie und Telephonie, par le D^r RICHARD HEILBRUN. Un volume format 24^{cm} × 16^{cm}, publié en fascicules (7 à 8 de 64 pages, dont 6 ont paru), Georg Siemens, éditeur à Berlin. Prix du fascicule : 1,60 mark.

Cet Ouvrage est destiné à rendre les méthodes modernes de télégraphie et téléphonie accessibles à tous ceux qui n'ont pas de connaissances en électricité.

L'auteur commence par un exposé élémentaire des lois du courant, du magnétisme, de l'induction et de l'électricité statique. Les formules mathématiques y sont évitées autant que possible et les raisonnements, tout en ne manquant pas d'originalité, sont très clairs et appuyés sur une série d'exemples et d'expériences dont quelques-unes nous ont paru inédites. La division de l'ouvrage en leçons, d'après celles données par l'auteur aux employés des Télégraphes et Téléphones de Berlin, rend sa forme presque vivante, de sorte que le lecteur se croirait devant la table d'expériences.

Après avoir décrit les principaux types de piles et accumulateurs, l'auteur étudie, dans la Leçon XI, les ondes ou oscillations acoustiques et électriques dont la connaissance est nécessaire pour la téléphonie. Il passe ensuite, dans les Leçons XII à XVIII, à l'étude de la télégraphie : le système Morse ainsi que tous ses perfectionnements et le télégraphe Hugues sont décrits avec beaucoup de détails; les questions relatives à l'exploitation sont traitées à fond, ainsi que la propagation des courants dans les câbles, le siphon enregistreur de Lord Kelvin, etc.

La dernière livraison, qui va paraître bientôt, traitera les différents systèmes de téléphones et la télégraphie sans fil.

Cet aperçu des matières montre l'étendue de l'ouvrage et sa « praticité ». Il comble un vide dans la littérature technique, puisque les traités présupposent toujours bien des connaissances théoriques et ne sont pas à la portée de tout le monde; tandis que, par ce livre, le lecteur n'ayant que des notions élémentaires de mathématique et de chimie arrive à se rendre compte des méthodes les plus compliquées et à pouvoir entreprendre la manipulation pratique des appareils. Il est donc à souhaiter qu'une traduction française ne tarde pas à paraître, pour que l'ouvrage soit facilement accessible aux télégraphistes, téléphonistes, ingénieurs, officiers du génie et à tous ceux qui s'occupent de questions analogues, pour lesquels la lecture en serait utile en même temps qu'intéressante.

GUY MAÏURI.

(1) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Exposition de Liège.

Ainsi que nous l'avons signalé à plusieurs reprises, une Exposition universelle et internationale se tiendra à Liège cette année d'avril à novembre.

Une grande importance a été donnée aux groupes spéciaux de la Mécanique et de l'Electricité.

Ce dernier groupe comprend 5 classes : Classe 23, comprenant les appareils et machines destinés aux *Production et Utilisation mécaniques de l'Electricité* (dynamos, transformateurs, tableaux, traction, canalisation, etc.); Classe 24, consacrée à l'*Electrochimie* (piles, accumulateurs, galvanoplastie, etc.); Classe 25, concernant l'*Eclairage électrique*; Classe 26, comprenant la *Télégraphie et Téléphonie*; enfin, Classe 27, consacrée aux *Applications diverses de l'Electricité* (appareils de mesure, appareils médicaux, chauffage, signaux, etc.).

L'Industrie électrique française avait intérêt à être largement représentée à cette Exposition, où elle se trouvera en comparaison avec sa redoutable concurrente, l'Industrie électrique allemande. Il semble bien qu'elle l'ait compris, car, malgré la superficie considérable accordée primitivement à la Section française, cette superficie est aujourd'hui trop petite. C'est déjà un heureux résultat qui fait bien augurer de l'importance de la Section française et qui fait honneur au zèle des membres des divers Comités d'organisation de cette Section (1).

Ajoutons que plusieurs congrès auront lieu pendant la durée de cette Exposition. Le Congrès international des Mines, de la Métallurgie, de la Mécanique et de la Géologie appliquées, tiendra ses séances du 26 juin au 1^{er} juillet et s'occupera de diverses questions d'électricité : électrometallurgie, applications mécaniques de l'électricité, traction électrique dans les mines, fardiers automoteurs, etc.

(1) Voici la composition de ces Comités :

COMITÉ DU GROUPE. *Président* : Sartiaux (E.); *Secrétaire général* : Robard; *Secrétaire-rapporteur* : Holzschuch; *Trésorier* : Mascart (Léon).

CLASSE 23 : Javaux (prés.), Bernheim (vice-prés.), Bachelier (rapporteur), Guénée (secr.), Hillairet, Harlé, Leblanc, Labour, de Loménie, Le Chatelier, Risler, Simonet.

CLASSE 24 : Bancelin (prés.), Bethmont et Street (vice-prés.), Dary (rapp.), Lavezarri (secr.), Bergès, Comberousse, Gall, Geoffroy, Getting, Gin, Grosjean, Keller, La Ville, Le Roulx, Leclanché, Worms.

CLASSE 25 : Cance (prés.), Clemançon et Friesé (vice-prés.), Guinier (rapp.), Zetter (secr.), Bardon, Beau, Benard, Cahen, Cance fils, Courtois, Nelson-Uhry, Roux, Silva, Vedovelli, Weissmann.

CLASSE 26 : Mildé (prés.), Meyer-May (vice-prés.), Dennerly (rapp.), Darros (secr.), Burgunder, Conrad, Ducouso, Laroze, Mambret, Parvillée, Pasquet, Rochefort, Viardot.

CLASSE 27 : Dumont (prés.), Richard Jules (vice-prés.), Clerc (rapp.), Gaiffe (secr.), Adnet, Arnoux, Baignères, Brocq, Chateau, Ducretet, Foveau de Courmelles, Montpeller, Radiguet, Schuler, Verdin.

Sociétés savantes et techniques.

ACADÉMIE DES SCIENCES. — Les communications concernant l'Electricité et faites aux séances des 30 janvier, 3 et 13 février par MM. Langevin, Abraham, Guye et Schidloff, Nordmann, Brochet et Petit, sont analysées pages 124 et 125 et page 120.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE. — A la séance du 3 février M. Guillet fait connaître plusieurs dispositifs intéressants pour entretenir les vibrations d'un diapason sans modifier leur période naturelle ni leur phase. M. Abraham montre un frein synchronisant permettant, au moyen d'un moteur à courant continu, de donner à un appareil un mouvement synchrone aux pulsations d'un courant alternatif (voir p. 124 et 125).

A la séance du 10 février M. Langevin fait une remarquable conférence sur l'application de la théorie des sons à l'explication des phénomènes, cependant si complexes, de la décharge disruptive. M. d'Arsonval présente ensuite un nouveau type de téléphone, construit par la Société industrielle des Téléphones, comprenant à la fois un récepteur et un transmetteur, ce dernier disposé de manière à satisfaire aux règles de l'hygiène. En dernier lieu M. Villard projette divers clichés montrant l'enroulement des rayons cathodiques lorsqu'on fait agir sur eux un champ magnétique.

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE. — Le dernier numéro du *Bulletin* de cette Société donne le compte rendu de la séance générale du 23 décembre 1904, dans laquelle, à la suite d'un discours de M. Lechatelier, président, et de la lecture des rapports, ont été décernés les prix et médailles. Parmi les lauréats signalons M. Hérault, qui a obtenu la grande médaille des Arts chimiques pour ses nombreux travaux sur l'Electrochimie et l'Electrometallurgie, travaux qui débutent en 1886 par la mise au point du procédé de fabrication électrolytique de l'aluminium et qui se poursuivent encore aujourd'hui sur la question de la fabrication des fontes et aciers au four électrique.

Informations diverses.

GÉNÉRATION. — Dans un article, sur l'utilisation des vapeurs d'échappement, publié dans la *Revue générale des Sciences*, du 30 novembre dernier, M. P. Chaleil donne quelques indications sur les applications du procédé Rateau décrit dans *La Revue électrique* du 30 juillet (t. II, p. 33). Outre l'installation des mines de Bruay en fonctionnement depuis près de 3 ans, les installations suivantes étaient en construction ou en montage en octobre : — Mines de la Réunion (Espagne), accumulateur à vieux rails, deux turbo-alternateurs à haute et basse pression de 220 kilowatts chacun, condensation par éjecto-condensateur Rateau; — Mines de Béthune (Pas-de-Calais), accumulateur à eau seule, turbo-compresseurs centrifuges à haute et basse pression de 150 chevaux; — Aciéries de Donetz (Russie), accumulateurs à plateaux de fonte en deux corps, six turbo-dyamos à courant continu de 250 chevaux chacune; —

Aciéries Poensgen, à Dusseldorf, accumulateur à plateaux, turbo-dynamo de 650 chevaux; mines de Firminy (Loire), accumulateur à eau, turbo-alternateur de 250 chevaux; — Mines de Hibernia (Westphalie), accumulateur à eau, turbo-alternateur de 365 kilowatts; — Aciéries de Rombach, accumulateur à eau, deux turbo-dynamos de 500 kilowatts.

TÉLÉGRAPHIE. — Une Société allemande entreprend de pousser jusqu'à Bassora et Foa sur le golfe Persique la ligne télégraphique Berlin-Constantinople. Dans ce but, elle a obtenu, du Sultan, l'autorisation d'établir un câble de Constantinople à Constantza: une ligne aérienne sera ensuite établie le long du nouveau chemin de fer allemand de Bagdad. Cette ligne a reçu le nom de ligne B. B. B., parce qu'elle relie entre autres les villes importantes ci-après, dont le nom commence par un B: Berlin, Breslau, Burdujeni, Bucarest, Byzance, Bagdad et Bassora.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — Suivant une information de *Western Electrician*, du 1^{er} octobre, Marconi est allé récemment en Amérique pour apporter d'importantes modifications à la station de télégraphie sans fil de Cap Breton. Celle de Poldhu doit être changée également. Marconi espère pouvoir reprendre bientôt les communications entre les deux stations. D'après lui, les résultats defectueux obtenus jusqu'à présent seraient dus seulement à ce qu'on a employé une énergie électrique trop faible. Il a l'intention de renforcer l'usine productrice d'énergie électrique à la station du Cap Breton. — En outre, de nouvelles dispositions permettront d'obtenir un rayonnement plus parfait des ondes électriques. Les vapeurs de la ligne Cunard, reçoivent déjà facilement et régulièrement des nouvelles à 2700^{km} de la côte. Aussi Marconi pense qu'avec une énergie suffisante, il pourra franchir également toute la largeur de l'Océan, c'est-à-dire une distance d'environ 6300^{km}.

H.

TÉLÉPHONIE. — *The Electrical World and Engineer* du 19 septembre signale un nouveau système de téléphonie à grande distance, dû à W. Jacques, de Boston. — Des dérivations sont réparties sur toute la ligne à des distances convenables les unes des autres. La résistance totale de ces shunts doit être assez élevée pour que l'intensité du courant de ligne ne soit pas sensiblement modifiée. De plus, le fil conducteur doit posséder des propriétés magnétiques et, par suite, être pourvu d'un revêtement de fer, de nickel ou d'un alliage des deux métaux, la résistance et la capacité de la ligne restant naturellement dans les limites admissibles. D'après l'inventeur, des résistances de graphite de 36300 ohms conviendraient très bien. On obtient, paraît-il, de bonnes communications à 1600^{km} de distance avec une double ligne aérienne formée d'un fil de cuivre de 2^{mm},64 d'épaisseur avec un revêtement de nickel de 0^{mm},25; les deux fils de ligne étant à 50^{cm} l'un de l'autre, et les dérivations disposées tous les 16^{km}. Un câble, dont les âmes se composent de fil de cuivre de 0^{mm},914 revêtu de nickel ou de fer et sont pourvues de dérivations distantes de 1^{km},6, permettrait de téléphoner à 160^{km}. — Ce système aurait également l'avantage

particulier d'être très peu sensible aux influences atmosphériques.

H.

ELECTROTHERMIE. — La trempe des outils en acier dit « acier pour outil à grande vitesse » demande des précautions spéciales. D'après une communication récente de M. J.-M. Gledhill à l'Iron and Steel Institute, l'emploi du chauffage électrique conviendrait fort bien dans ce cas. Le procédé de chauffage est d'ailleurs indifférent: chauffage hydro-électrique consistant à relier l'outil à l'un des pôles d'une dynamo et à le plonger dans une solution de carbonate de sodium en connection avec l'autre pôle, ou chauffage dans l'arc, ou encore chauffage en faisant traverser l'outil par un courant intense conviennent également bien. Le seul inconvénient que présente l'application de ce mode de chauffage est le coût élevé des appareils, mais cet inconvénient est largement compensé par la facilité avec laquelle ils permettent d'obtenir la température requise pour avoir le degré de trempe le plus avantageux.

ÉCLAIRAGE. — Les deux principales maisons allemandes de construction électrique, l'*Allgemeine Electricitäts Gesellschaft* et la Société *Siemens-Schuckert* et l'*Accumulatoren Fabrik Aktiengesellschaft* (Société des Accumulateurs Tudor), la plus importante maison d'accumulateurs d'Allemagne, viennent de fonder, de concert, à partir du 6 janvier 1905, une *Société pour l'Éclairage électrique des trains (Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung)*. Cette société s'est rendue propriétaire de tous les brevets concernant l'éclairage électrique des trains (à l'exception du système Stone qui reste seul représenté par la *Société des accumulateurs Böse*) et compte ainsi faire usage, suivant les cas, des différents systèmes existants. Les Directeurs de la Société sont M. Einbeck et le Dr Buttner. Ce dernier, Ingénieur en chef de la Société Tudor, de Berlin, est, en outre, l'inventeur du système ingénieux employé à l'État prussien, système décrit récemment dans ces colonnes (*Revue électrique*, t. II, p. 312, 30 novembre 1904).

ELECTROCHIMIE. — D'après une communication de miss B. Poole présentée à la Faraday Society de Londres, le 25 octobre dernier, les Indes anglaises posséderaient d'immenses dépôts de *latérites* ayant une composition très analogue à la bauxite et pouvant dès lors servir d'excellent minéral pour la fabrication de l'aluminium. Notre confrère *Electrochemical Industry*, qui dans son numéro de décembre donne un extrait de cette communication, fait observer que dans ces conditions les Indes, qui consomment déjà une assez grande quantité d'aluminium, pourraient devenir un centre important de production de ce métal, les chutes d'eau y étant abondantes et aucun des brevets qui limitent l'extension de l'industrie de l'aluminium dans les autres pays n'ayant de valeur aux Indes. Quant à l'utilisation de ce minéral en Europe, elle ne semble guère possible, car, suivant une remarque faite par M. Murray Morrisson à la suite de la communication de miss Poole, il est fort probable que ces minerais devraient subir une purification préalable et dès lors la bauxite française, qui détient actuellement le marché, resterait plus économique.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

- I. **Le régime futur de l'électricité à Paris**, par J. BLONDIN, p. 129.
- II. **Génération et Distribution** : Le régime futur de l'électricité à Paris, p. 131; Étude de M. LAURIOL, ingénieur en chef des Services d'éclairage, p. 131; Note de M. SABOURT, p. 147; Note de M. BLONDEL, p. 148; Rapport de la Commission technique, par R.-V. PICOU, p. 150; Réponse du professeur ERIC GÉRARD, p. 152; Réponse des Établissements Siemens-Schuckert, p. 152; Réponse de l'Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, p. 153; Réponse de la Maison Brown-Boveri, p. 154; Réponse de la Compagnie parisienne de l'air comprimé, p. 154; Réponse de la Compagnie générale d'électricité de Creil, p. 154; Réponse de la Société Gramme, p. 154; — Discussion de la Communication de M. David sur les surtensions, par BRYLINSKI, p. 154; Parafoudre de la Manufacture parisienne d'appareillage électrique, p. 155; Sur les dispositifs de sûreté contre les surtensions dans les réseaux électriques, par J. MOSCICKI et A. WAEGER, p. 155; Brevets récents, p. 156. — **Éclairage** : Lampes au tantale Siemens et Halske, par BAINVILLE; L'arc au mercure et ses applications, par WEINTRAUB; Lampes au zircon; Brevets récents, p. 157 et 158.
- III. **Bibliographie** : La télégraphie sans fil, par J. BOULANGER, et G. FERRIE; Causeries sur le radium, par G. CLAUDE; Courants alternatifs, par H. CHEVALLIER, p. 159.
- IV. **Variétés. Informations** : Condensateurs industriels; Sociétés savantes et techniques; Informations diverses, p. 160.

LE RÉGIME FUTUR DE L'ÉLECTRICITÉ A PARIS.

L'expiration prochaine des concessions accordées aux Secteurs qui distribuent actuellement l'énergie électrique dans Paris (avril 1907 pour les 4 Secteurs à courant continu, août et décembre 1908 pour les Champs-Élysées et la Rive gauche) appelle l'attention des électriciens sur le régime qui succédera au régime actuel.

Depuis longtemps déjà la Ville de Paris se préoccupe de la question. En juin dernier elle demandait, à divers professeurs et constructeurs étrangers, leur avis sur le sujet ⁽¹⁾ et le 6 août suivant le Préfet de la Seine instituait une Commission technique ⁽²⁾ chargée de rechercher la solution.

Dès sa première réunion, la Commission technique s'émut de ce que les constructeurs étrangers aient été seuls consultés et demanda que les constructeurs français le fussent également. Elle demanda en outre que le Service de

l'éclairage de la Ville lui présentât une étude pouvant servir de bases à ses discussions.

La Commission technique ayant récemment (le 11 février) déposé son Rapport, nous avons pensé qu'il convenait de présenter à nos lecteurs l'ensemble des documents qui ont été examinés par la Commission. La longueur de ces documents nous a mis dans l'obligation de n'en donner qu'un résumé. Nous avons fait exception cependant pour l'étude de M. Lauriol, ingénieur en chef des Services généraux d'éclairage de la Ville, que nous avons reproduite intégralement : cette étude avait sur les autres documents l'avantage de donner un exposé concis de l'état actuel de la distribution de l'énergie électrique dans Paris et de mettre nettement en évidence les avantages et les inconvénients des divers modes de distribution possibles. Nous regrettons d'avoir été obligé d'écourter le remarquable rapport fait par M. Picou, au nom de la Commission technique, mais, tout en résumant les considérations qu'il renferme, nous avons fait en sorte de n'en omettre aucune. Quant aux autres documents plusieurs renfermaient des développements qui se trouvaient également sous une forme analogue dans l'étude de M. Lauriol ou le rapport de M. Picou;

⁽¹⁾ L'Administration s'est adressée dans ce but : aux établissements Siemens-Schuckert (Berlin), à la Société Brown-Boveri (Suisse), à l'Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (Berlin), au professeur Eric Gerard (Liège), au professeur Silvanus-P. Thompson (Londres).

⁽²⁾ La composition de cette Commission a été donnée dans ces colonnes, t. II, p. 160.

nous avons donc pu écourter considérablement les analyses tout en faisant ressortir les points différenciant les uns des autres les projets qui y sont présentés.

Les projets examinés dans ces divers documents sont assez nombreux. Voici les traits essentiels de ceux qui sont le plus complètement étudiés :

Premier projet Lauriol. — Usine unique de 70000 kilowatts, située au Landy, produisant, au moyen de turbo-alternateurs de 7000 kilowatts, des courants triphasés à 10000 volts et 50 périodes par seconde; distribution par sous-stations et réseau triphasé à 4 fils (110 volts entre un conducteur et le neutre) dans tout Paris. Les installations seraient entièrement nouvelles.

Deuxième projet Lauriol. — Production comme ci-dessus; distribution en courant continu par réseau à 5 fils (110 volts par pont) dans la région centrale de Paris; distribution par courants triphasés avec 4 fils dans la région périphérique. Une variante consiste dans la distribution continue par 3 fils, 110 volts. Une partie plus ou moins importante des installations actuelles serait utilisée.

Troisième projet Lauriol. — Conservation définitive et presque complète des installations existantes, en modifiant les périmètres des Secteurs actuels.

Quatrième projet Lauriol. — Conservation complète des installations actuelles. Projet cité pour mémoire.

Projet Blondel. — Modification au premier projet Lauriol, consistant à produire des courants triphasés à 25 périodes et à distribuer des courants triphasés à basse tension (120-210 volts), mais en utilisant, *en même temps* que le nouveau réseau secondaire, les canalisations actuelles, celles à courant continu étant desservies par des sous-stations à commutatrices et celles des secteurs monophasés étant utilisées pour l'une des phases de courants diphasés, 3000 volts, 25 périodes, obtenus par transformation des courants triphasés primaires (l'autre phase exigeant une canalisation neuve).

Projet de la Commission. — C'est la variante du deuxième projet Lauriol, mais avec répartition de la production entre trois usines distinctes.

Projet Siemens-Schuckert. — Courants primaires triphasés à 8000 ou 10000 volts, produits dans une ou deux usines; distribution par courant continu, 3 fils, 220 volts sur chaque pont.

Projet de l'A. E. G. — Ne diffère du premier projet Lauriol qu'en ce qu'il prévoit des usines génératrices plus nombreuses et plus importantes.

Projet Brown-Boveri. — Production de courants triphasés et distribution par courants triphasés après deux abaissements de la tension.

Projet de la Compagnie de Creil. — Ne diffère du premier projet Lauriol que par le nombre des usines qui serait porté à deux.

Si l'on excepte le quatrième projet, examiné pour mémoire par M. Lauriol, et le troisième qu'il ne paraît guère conseiller, on voit qu'en ce qui concerne la nature et la tension des courants primaires, tous sont d'accord pour préconiser les courants triphasés à 8000 ou 12000 volts. On constate le même accord en ce qui concerne la nature et la puissance des moteurs primaires : turbines à vapeur de 10000 chevaux environ. Il n'y a divergence que pour le nombre et l'emplacement des usines : M. Lauriol préfère une seule usine dont l'alimentation en charbon serait assurée par les chemins de fer du Nord et le canal Saint-Denis (lequel fournirait également les pertes d'eau de condensation); les autres projets prévoient au moins deux usines pour des raisons de sécurité et les placent sur les bords de la Seine pour avoir l'eau en abondance, bien que cette situation puisse avoir l'inconvénient d'augmenter le prix du transport du charbon, celui-ci venant pour la majeure partie des mines du Nord et devant par suite subir les frais (1^{er} environ par tonne) résultant d'un changement de compagnie pour parvenir sur la rive gauche de la Seine.

Où la divergence s'accroît c'est sur le choix du système de distribution. La distribution par courants triphasés avec quatre conducteurs, dont un neutre, et 110 volts entre ce dernier et l'un des autres paraît cependant rallier la majorité des avis. C'est en effet le plus économique comme installation et comme exploitation, mais le réglage de la tension chez les abonnés est assez délicat et c'est la raison principale qui le fait rejeter par la Commission technique pour l'alimentation de la partie centrale de Paris. On lui reproche encore de ne pas être aussi apte que les systèmes à courant continu à l'éclairage. Mais, bien que nous ne voulions prendre position dans une question qui a été examinée par d'éminents techniciens, il nous semble que ce défaut, fondé aujourd'hui, peut devenir demain une qualité. Les nouvelles lampes à incandescence économiques demandent en effet une tension tantôt supérieure, tantôt inférieure aux 110 volts que l'on

propose pour la distribution par courant continu : pour les lampes Nernst il faudrait 200 volts, pour les lampes à filament métallique (osmium, tantale, zircone) 30 à 50 volts conviendraient mieux. Une distribution triphasée à 200 volts entre conducteurs extérieurs permettrait donc d'alimenter directement les premières et les facilités de transformation qu'offrent les courants alternatifs en général permettraient peut-être d'alimenter économiquement les secondes par transformateurs malgré les pertes dues à la transformation. D'un autre côté, les progrès récents des lampes à arc à flamme et des lampes à courants triphasés peuvent aussi amener l'éclairage par arc alternatif à avoir un aussi bon rendement que l'éclairage par arc continu.

Quoi qu'il en soit, il paraît admis en principe que la distribution dans la région centrale doit se faire par courant continu, 3 fils, 110 volts sur chaque pont.

Une autre question, examinée dans plusieurs projets, et qui intéresse le consommateur plus encore que le producteur, est le prix de vente. L'Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft, escomptant l'utilisation de l'énergie électrique par les gros industriels et les compagnies de traction, considère comme très rémunérateur un prix de vente maximum de 0^{fr},20 le kilowatt-heure.

La Compagnie de Creil, reprenant les propositions faites par M. Coizeau, prévoit 0^{fr},50 pour l'éclairage et les usages domestiques, 0^{fr},25 pour la force motrice et 0^{fr},35 pour l'éclairage public, avec des rabais dépendant des bénéfices nets du concessionnaire. M. Lauriol propose une tarification dépendant de l'heure à laquelle l'abonné utilise l'énergie : 0^{fr},23 le kilowatt-heure aux heures de faible consommation, 0^{fr},70 aux heures de forte charge. La Commission technique propose un tarif basé sur la durée d'utilisation et arrive au prix de 0^{fr},532 le kilowatt-heure pour une durée d'utilisation de 400 heures et descendant à 0^{fr},165 pour 1000 heures; ces chiffres devraient d'ailleurs être majorés du bénéfice de l'exploitant et de la quote-part des redevances de la Ville.

Au sujet de ces tarifs, nous nous bornerons à faire remarquer que les chiffres prévus par M. Lauriol et par la Commission technique (en y ajoutant la majoration signalée) conduisent, pour les gros consommateurs de force motrice, qui arriveront à payer le prix minimum, et pour les petits consommateurs, qui généralement paieront le tarif maximum quel que soit celui des deux modes de tarification adopté, à des prix de vente plus élevés que ceux appliqués à Berlin, où le kilowatt-heure est vendu 0^{fr},20 pour la force motrice et 0^{fr},50 pour l'éclairage.

J. BLONDIN.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS (1).

GÉNÉRATION ET DISTRIBUTION.

Le régime futur de l'électricité à Paris.

Nous avons classé les documents relatifs à cette question dans l'ordre suivant :

D'abord l'étude de M. Lauriol, reproduite *in extenso*, en date du 26 novembre 1904, qui a servi de base aux discussions de la Commission technique. Puis deux Notes de deux des membres de cette Commission, M. Sabouret et M. Blondel (12 décembre). Ensuite le Rapport approuvé par la Commission dans sa séance plénière du 11 février 1905.

Les réponses des constructeurs, Sociétés ou autres personnes consultées par l'Administration et qui sont parvenues avant fin 1904 sont analysées en dernier lieu.

Étude de M. Lauriol, Ingénieur en chef des Services généraux d'Eclairage. — Cette étude a été faite sur la demande de la Sous-Commission d'organisation du régime futur de l'Électricité à Paris dans sa séance du 18 novembre 1904.

SITUATION ACTUELLE. — *Conditions générales de la distribution.* — À part quelques points singuliers sans importance, l'énergie électrique est distribuée dans Paris par six Sociétés et par le Secteur municipal des Halles centrales.

(1) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (1^{re}). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

Les autorisations ont été données pour une durée uniforme de dix-huit ans, mais à partir de dates variables, et expirent, savoir :

Secteur d'Éclairage et Force....	8 avril 1907
» Edison.....	8 avril 1907
» de l'Air comprimé.....	8 avril 1907
» de la place Clichy.....	16 avril 1907
» des Champs-Élysées....	13 août 1908
» de la Rive gauche.....	11 décembre 1908

Le cahier des charges contient entre autres les deux articles suivants :

« Art. 21. — La Ville de Paris se réserve le droit de rachat à toute époque, après l'expiration des dix premières années de la durée de l'autorisation.

» Le prix de rachat sera déterminé de la manière suivante :

» 1° On calculera la moyenne des produits nets annuels obtenus par le permissionnaire pendant les trois années qui auront précédé celle où sera effectué le rachat.

» Ce produit net moyen formera le montant d'une annuité qui sera due et payée au permissionnaire pendant chacune des années restant à courir pour la durée de la présente autorisation.

» Il sera loisible à la Ville de se libérer à un moment quelconque des annuités restant à payer du rachat, en soldant le capital représentant la valeur actuelle de ces annuités sous déduction d'un escompte de 5 pour 100.

» En ce qui concerne la canalisation, les machines et appareils de toute nature, l'outillage des ateliers, le mobilier des bureaux, les terrains, bâtiments, etc., et, en général, tout ce qui sert à l'exploitation du permissionnaire, la Ville de Paris les reprendra en totalité, d'après leur valeur au moment du rachat, à dire d'experts.

» Cette valeur sera payée au permissionnaire dans les dix mois qui suivront le rachat. Moyennant le paiement de ce prix de rachat, le permissionnaire devra subroger la Ville à tous ses droits et privilèges, baux, locations, promesses de vente, etc. Cette subrogation ne pourrait toutefois avoir pour résultat, en aucun cas et dans aucune mesure, d'associer la Ville aux procès ou autres difficultés litigieuses qui pourront exister, au moment de la vente, entre le permissionnaire et les tiers quelconques. En vue de l'application de cette clause, il est interdit au permissionnaire d'aliéner ou d'hypothéquer, au profit de qui que ce soit, les immeubles formant l'actif de la Société ainsi que toutes les installations sous la voie publique ou dans les propriétés privées. Sont exceptés de cette clause les immeubles appartenant au permissionnaire, mais non utilisés pour l'exploitation qui fait l'objet de la présente autorisation.

» Art. 22. — A l'époque fixée pour l'expiration de la présente autorisation, la canalisation restera la propriété de la Ville, à moins que celle-ci ne préfère qu'elle soit enlevée, et, dans ce dernier cas, les lieux seront remis dans leur état primitif aux frais du permissionnaire, soit par ses soins, soit d'office, sans qu'il puisse prétendre à aucune indemnité.

» Il en sera de même en cas de retrait de l'autorisation, soit pour la totalité, soit pour une partie du réseau. »

Les conditions techniques de la production et de la distribution sont fort diverses; nous les indiquerons plus tard en détail. Nous n'avons pas à examiner ici les résultats financiers obtenus par les Sociétés, mais seulement à voir quelles installations elles possèdent aujourd'hui et dans quelles limites ces installations sont utilisables.

Les usines qui alimentent la distribution générale restent, sauf exceptions peu importantes, étrangères à la fourniture de l'énergie électrique pour les transports en commun.

La consommation se répartit dans Paris d'une façon qui n'a rien d'uniforme (fig. 1).

Comme dernière observation ajoutons que la consommation d'énergie est sans cesse croissante malgré les prix élevés, malgré le peu de tendance des Secteurs à attirer la clientèle, vu la proximité du terme de leurs concessions. La consommation de Paris en 1903 est en augmentation de 80 pour 100 sur celle de 1899 et de 9 pour 100 sur celle de 1902. On est donc loin d'avoir atteint un état approximativement stationnaire.

Le Secteur municipal n'a que peu d'importance et comprend une puissance totale de 1040 kilowatts ou de 900 kilowatts selon que l'on considère les dynamos ou les machines à vapeur. Il comprend en réalité deux Secteurs, l'un en alternatif monophasé à 2400 volts avec transformateurs chez l'abonné, l'autre en continu à 2×110 volts, 3 fils.

Nous pouvons diviser les six autres Secteurs en trois groupes : 1 (a). Edison et Éclairage et Force, donnant du courant continu à 2×110 volts, 3 fils, et à 1×110 volts, 2 fils. 1 (b). Clichy et l'Air comprimé distribuant du courant continu à 4×110 volts, 5 fils. 2. Champs-Élysées et Rive gauche distribuant du courant alternatif monophasé haute tension avec transformateur dans chaque immeuble : tension 3000 volts, fréquences 40 et 42 (voir plan fig. 2).

Secteur Edison. — Edison engendre du courant continu à 2×110 volts dans ses stations du faubourg Montmartre (8 dynamos de 100 kilowatts et une de 400 kilowatts) et de l'avenue Trudaine (8 dynamos de 100 kilowatts et 2 de 600 kilowatts). Il engendre également dans l'usine de Saint-Denis (4 groupes de 1000 kilowatts) du courant continu à 2×2200 volts, lequel est commuté en continu à 2×110 volts dans les sous-stations du faubourg Montmartre, de l'avenue Trudaine et de l'Opéra. Il possède des accumulateurs de 430 kilowatts de puissance à la décharge normale (en 5 heures) répartis entre les sous-stations du faubourg Montmartre, de la rue Montmartre et de la rue Saint-Georges.

Secteur d'Éclairage et Force. — Le Secteur d'Éclairage et Force distribue du courant continu à 1×110 volts, 2 fils. Le courant est produit directement par les usines de la rue d'Alexandrie, de la rue de Bondy et du quai de la Loire (2300 kilowatts de puissance totale répartis entre 16 machines de 50 kilowatts à 300 kilowatts).

La même Compagnie, dans son usine de Saint-Ouen, engendre également du courant diphasé à basse tension et à la fréquence 40 (3000 kilowatts de puissance répartis entre 9 machines de 200 kilowatts à 750 kilowatts). Après relèvement de la tension à 6000 volts, le courant est envoyé dans les sous-stations du faubourg Saint-Denis (gare du Nord) et du boulevard Barbès (magasins Dufayel). Il y est commuté au moyen d'appareils Maurice Leblanc en courant continu à 1×110 volts qui est versé dans le réseau. Le courant à haute tension vient de Saint-Ouen à Paris non par les voies publiques, mais par l'emprise du Chemin de fer du Nord, lequel constitue ainsi, hors secteur, un gros client de la Compagnie d'Éclairage et Force. Une partie de la puissance, soit de l'usine de Saint-Ouen, soit de la sous-station du faubourg Saint-Denis est absorbée par lui. En outre l'usine de Saint-Ouen dessert une certaine clientèle hors Paris, notamment la commune de Saint-Denis.

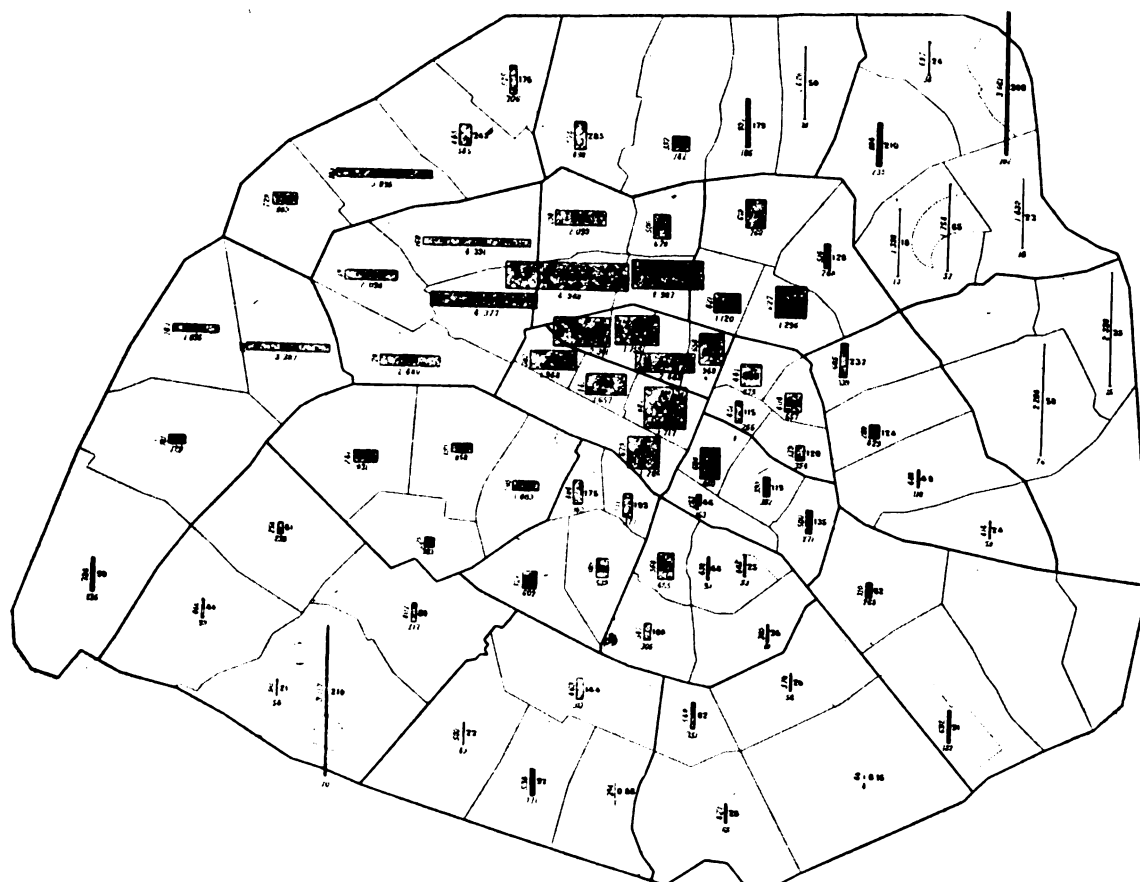
Des accumulateurs de 380 kilowatts de puissance totale à la décharge sont répartis entre les diverses stations et sous-stations dans Paris.

Secteur de l'Air comprimé. — La compagnie de l'Air comprimé distribue du courant continu à 4×110 volts, 5 fils. La plus grosse partie du courant est engendrée à l'usine de Jemmapes (9 machines de 750 kilowatts) située au bord du canal Saint-Martin, ce qui facilite les alimentations en eau et en combustible, sans que l'usine soit trop éloignée de l'abonné. Le courant est produit à la tension de 440 volts, augmentée de la perte en ligne, et envoyé par des feeders à

2 fils aux sous-stations sises rue Saint-Roch, rue Mauconseil et rue de Sévigné, où se trouvent des batteries d'accumulateurs de 2300 kilowatts de puissance totale à la décharge. Les deux fils des feeders venant de Jemmapes aboutissent dans chaque sous-station aux fils extrêmes du réseau à 5 fils.

L'équilibrage entre les ponts se fait en partie par la manœuvre des éléments de réduction de la batterie en décharge. D'autre part, les sous-stations possèdent des moteurs-générateurs alimentés par le courant à 440 volts, débitant du courant à 110 volts et pouvant jouer un double rôle : 1° la génératrice, intercalée entre deux fils voisins, concourt

Fig. 1. — Répartition de la puissance installée et de la consommation dans Paris.



Limites d'arrondissements

de quartiers

d'établissements municipaux

Les puissances sont indiquées par les bases des rectangles (1mm, 33 pour 100 kilowatts).

Les horaires d'utilisation sont indiqués par les hauteurs (1mm, 66 pour 100 heures).

Les consommations sont indiquées par la surface des rectangles (1mm², 22 pour 10 000 kilowatts-heure).

à l'alimentation du pont correspondant lorsque la tension menace de faiblir sur ce pont; 2° la génératrice, intercalée entre les fils du feeder venant de Jemmapes, en série avec la batterie, donne le survoltage nécessaire pour permettre la charge de cette batterie par le courant de Jemmapes.

Aux heures de fort débit, les vieilles usines de la rue Saint-Fargeau et du boulevard Richard-Lenoir (2200 kilowatts en 19 machines) fournissent l'appoint nécessaire. Ces usines donnent du courant continu d'intensité constante, 250 ampères, et de tension variable. Elles alimentent dans les trois sous-stations des moteurs-générateurs; les moteurs sont en série, intensité constante et tension variable; les génératrices

débitent du courant continu à 110 volts et jouent le même rôle que les génératrices actionnées par le courant de Jemmapes.

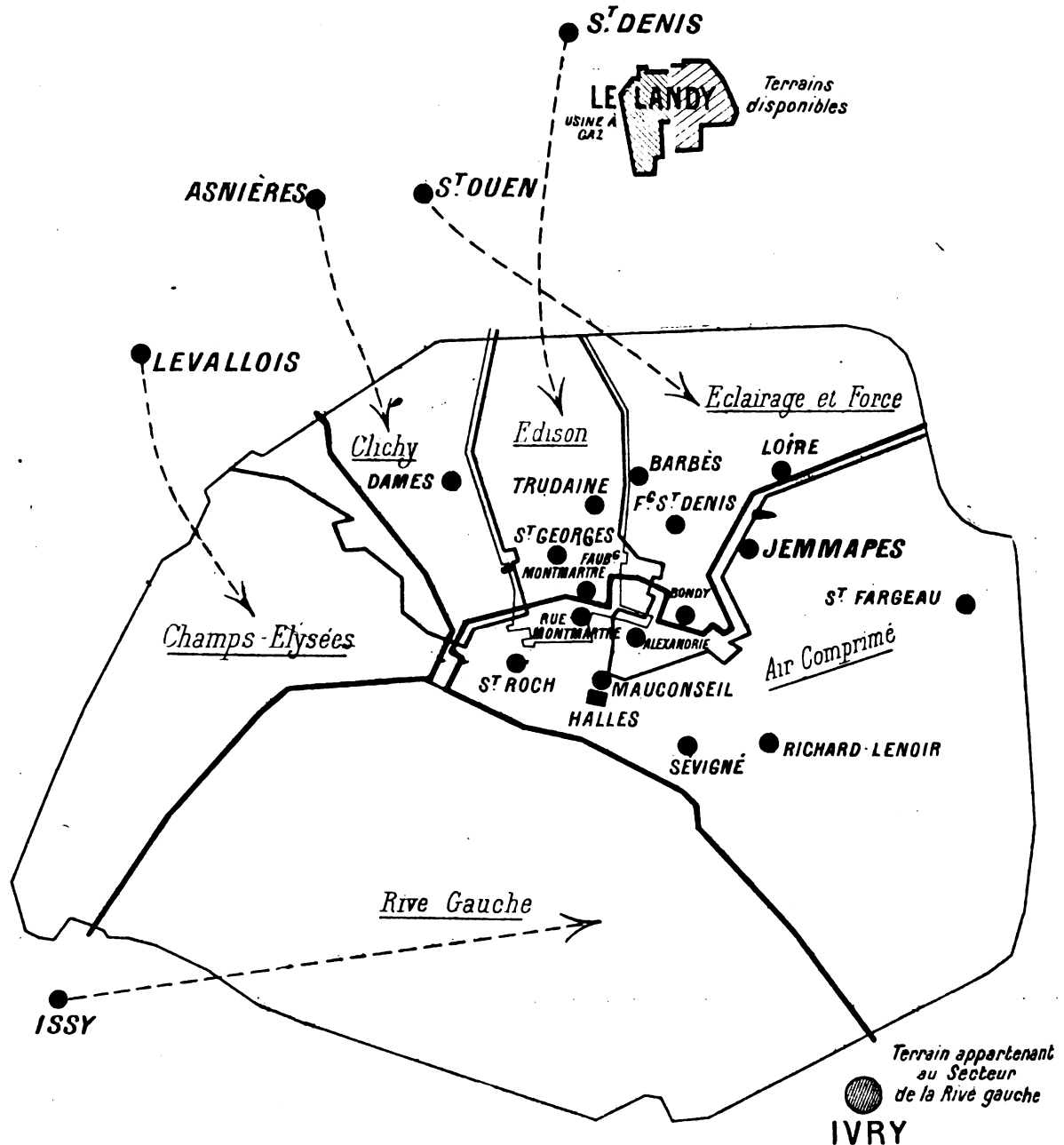
Secteur de Clichy. — Clichy distribue du courant continu à 4×110 volts, 5 fils.

Une partie du courant est engendrée à l'usine de la rue des Dames qui fonctionne sans condensation, vu les difficultés d'alimentation en eau (6 machines de 350 kilowatts, 6 de 50 kilowatts, total 2400 kilowatts). L'usine comprend en outre des accumulateurs de 1770 kilowatts de puissance à la décharge. Le courant est simplement envoyé dans des feeders à deux fils qui, en divers points, sont réunis aux fils

extrêmes du réseau à 5 fils. La tension totale est réglée à l'usine par le réglage de la tension au tableau des machines et par la manœuvre des rhéostats au départ de chaque feeder. L'équilibrage des ponts est réalisé au moyen de cinq sous-stations de dynamos compensatrices.

En outre, le secteur de Clichy achète du courant triphasé (5000 volts, fréquence 25) à la Compagnie du Triphasé dont l'usine est à Asnières. Sur la puissance totale de cette usine, environ 5000 kilowatts sont absorbés par le service de Paris. Le courant triphasé arrive à la rue des Dames; au moyen de

Fig. 2. — Limites des secteurs et emplacements des usines et sous-stations.



commutatrices et de moteurs-générateurs, il est commuté en continu 440 volts qui est versé dans le réseau parallèlement avec le courant engendré à l'usine même de la rue des Dames.

Secteur des Champs-Élysées. — Le secteur des Champs-Élysées engendre la totalité du courant, alternatif monophasé, 3000 volts, fréquence 40, à l'usine de Levallois-Perret (5 groupes de 1200 kilowatts et 1 de 600 kilowatts).

Les machines ne fonctionnent pas normalement en parallèle. Les divers feeders alimentent des portions distinctes du réseau; par la manœuvre des boîtes de jonction, on peut faire varier suivant les besoins le domaine de chaque feeder. Chaque machine alimente un ou plusieurs feeders, suivant les moments. Le fonctionnement en parallèle n'a lieu que lorsqu'on met une machine en marche ou à l'arrêt et qu'on modifie la répartition des feeders entre les machines.

Toute la canalisation en ville est à 3000 volts. La tension est abaissée par transformateurs placés dans les immeubles. Comme on peut s'y attendre, la consommation des transformateurs à vide entraîne une perte d'énergie considérable. La perte en argent est relativement moindre, puisque la perte d'énergie a lieu surtout aux heures de faible débit.

Secteur de la Rive gauche. — Le secteur de la Rive gauche produit toute l'énergie à l'usine d'Issy (7700 kilowatts en 13 machines de 450 kilowatts à 1000 kilowatts). Le courant alternatif monophasé, 3000 volts, fréquence 42, arrive dans chaque immeuble où la tension est abaissée par transformateurs. Quelques canalisations secondaires, d'importance négligeable, reçoivent du courant à basse tension après passage dans des sous-stations de transformation. Les machines fonctionnent en parallèle et le réseau n'est pas divisé. Comme pour le Secteur des Champs-Élysées, la consommation à vide des transformateurs amène des pertes assez fortes.

Le Secteur possède à Ivry 8000^m de terrain, non en bordure de la Seine, mais à 300^m de distance, ce qui diminue les avantages pour l'alimentation en eau et en combustible.

Renseignements communs. — Les canalisations sont en général en bon état. Elles sont, sauf exceptions, des types suivants :

Edison.....	1	Câbles nus en caniveaux
Éclairage et force....	1	
Air comprimé.....	1	Câbles armés à 1 conducteur
Clichy.....	1	
Champs-Élysées.....	1	Câbles armés à 3 conducteurs
Rive gauche.....	1	concentriques.

Avec les terrains disponibles, il est possible de doubler et parfois de tripler la puissance des usines hors Paris et de l'usine de Jemmapes.

Dans les mêmes usines les machines remontent à moins de dix ans. L'alimentation en eau est convenablement assurée; de même l'apport du charbon par voie d'eau mais non par voie de fer; seule l'usine de Saint-Ouen est reliée au Chemin de fer du Nord.

Nous résumons ci-après quelques données numériques relatives à la situation actuelle.

NOMS des secteurs.	PUISSANCE DES GÉNÉRATRICES.			PUISSANCE		NOMBRE D'ABONNÉS au 31 décembre 1903.	ÉNERGIE vendue à la ville et aux particuliers.		AUGMENTATION ANNUELLE pour 100 de l'énergie vendue.	ÉNERGIE ÉMISE EN 1903.	MAXIMUM DE LA PUISSANCE * émise en 1903.	RENDEMENT.		NOMBRE de kw-h.		LONGUEUR DE LA CANALISATION à la fin de 1903.	CUBE DE CUIVRE UTILE dans la canalisation (3).
	Haute tension.	Basse tension.	Total.	des accumulateurs à la décharge.	des transformateurs tournants.		en 1902.	en 1903.				col. 9 col. 11	vendus par kw de puissance maxima débitée.	émis par kw de puissance maxima débitée.			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	
	kw	kw	kw	kw	kw		en milliers de kw-h.			en milliers de kw-h.	kw				km	m ³ (4)	
Edison.....	4 000	3 000	7 000	430	1 600	4 751	5 800	6 000	3,4	9 000	4 880	0,66	1,230	1,844	57	40	
Air comprimé,.....	2 200	6 700	8 900	2 300	2 160	4 840	7 800	8 800	12,8	11 400	7 080	0,77	1,242	1,610	144	90	
Éclairage et Force ...	3 000	2 300	5 300	380	1 950	3 190	4 700	4 800	2,1	6 200	3 300	0,77	1,454	1,878	60	45	
Clichy.....	5 000	2 400	7 400	1 770	4 400	8 670	4 000	4 300	7,5	5 500	3 800	0,78	1,131	1,447	98	52	
Champs-Élysées.....	6 400	»	6 400	»	»	8 640	3 100	3 400	9,6	8 500	3 270	0,40	1,039	2,599	100	19	
Rive gauche.....	7 700	»	7 700	»	»	5 044	3 200	3 900	21,9	9 600	4 500	0,40	0,866	2,133	144	28	
Municipal.....	340	700	900	60	»	445	1 300	1 300	0	1 700	550	0,70	2,363	3,090	16	5	
TOTAUX OU MOYENNES.	28 640	15 100	43 600	4 940	10 110	35 592	29 900	32 500	8,7	51 900	27 380	0,62	1,187	1,895	619	279	

(1) Partie de l'usine d'Asnières (Compagnie du Triphasé).

(2) La puissance totale des machines à vapeur n'est que de 900 kw.

(3) Évaluation faite au mieux d'après les plans et les indications des sections.

(4) Évaluation approximative, vu le défaut de renseignements.

Diverses augmentations sont en cours dans les usines ou canalisations.

CONDITIONS GÉNÉRALES DE L'ÉTUDE. — Pour que l'étude soit complète, nous examinons ce qu'il conviendrait de faire si rien n'existait à Paris, si nous nous trouvions devant une

table rase. Puis nous examinons comment il conviendrait de tenir compte de l'état de fait actuel et de conserver tout ou partie des installations existantes en ayant égard aux

considérations suivantes : 1° la conservation des canalisations existantes présente un intérêt financier pour la Ville, à qui ces canalisations reviennent gratuitement en fin de concession; elle offre aussi l'avantage d'éviter un bouleversement plus ou moins considérable des voies publiques; 2° tout changement dans le mode de distribution entraîne des modifications chez les abonnés et, par suite, des mécontentements et des réclamations; nous ne parlons pas de la dépense qui pourrait, non en droit strict, mais en équité, être supportée par le nouvel exploitant; 3° bien que la Ville n'ait pas à la conservation des usines le même intérêt qu'à la conservation des canalisations, il n'en est pas moins vrai que l'abandon d'usines, impropres pour la plupart à tout autre emploi nouveau, réduirait leur valeur à peu près à néant. Dans l'intérêt de tous, il convient de ne se décider à cette mesure que si l'on trouve par ailleurs des compensations sérieuses, ou si les propriétaires de ces usines prétendent se réserver la totalité ou la plus grosse part des avantages que présenterait leur conservation.

Dans les études qui vont suivre, nous ne prévoyons pas l'acquisition des installations appartenant aux Secteurs et placées chez les abonnés : branchements, colonnes montantes, installations intérieures, compteurs, etc. Quoi que l'on décide à cet égard, la chose est peu importante dans une étude comparative. Au contraire, nous mettons au passif de chaque combinaison, quand il y a lieu, les modifications à faire chez les abonnés. Peu importe qu'en fait le nouvel exploitant supporte ou non la dépense. Le but final est de desservir l'abonné aux prix les plus bas et aux meilleures conditions possibles. Si deux combinaisons arrivaient, abstraction faite de cette dépense, aux mêmes prix possibles pour la vente, on devrait évidemment préférer celle qui imposerait les moindres dépenses de modification.

Dans toutes les combinaisons, nous admettons que l'exploitation future se bornera, comme les Secteurs actuels, à desservir les immeubles et l'éclairage des voies publiques, mais n'alimentera aucune entreprise de transport en commun. Le contraire serait évidemment fort désirable; mais, en l'état, les probabilités sont trop faibles pour que nous puissions envisager une telle éventualité.

La consommation à desservir d'ici une vingtaine d'années est chose incertaine et l'on ne peut faire à cet égard que des suppositions plus ou moins plausibles. Étant donnée la croissance constante des demandes avec les prix actuels et avec un réseau plutôt restreint, on doit prévoir une augmentation plus forte encore du fait de la baisse de prix et de l'extension du réseau. On a peu de chance d'attirer le très gros consommateur, tel qu'une grande gare de chemin de fer. Une catégorie de clients qu'on peut espérer voir venir en grand nombre serait constituée par les petits consommateurs de force motrice : les ateliers possédant quelques tours, scies mécaniques, machines-outils diverses, machines à coudre, etc., ne dépassant pas quelques kilowatts et restant souvent au-dessous d'un kilowatt; en ce cas, le moteur électrique offre des avantages que nul autre ne peut offrir. Entre l'abonné de quelques kilowatts qu'on peut espérer voir venir, et celui de quelques centaines de kilowatts qui, le plus souvent, aura intérêt à avoir sa propre usine, où sera la limite? C'est difficile à préciser. Par des tarifs appropriés on devra, dans l'intérêt de tous, attirer le plus possible ces sortes de clients.

Pour toutes les combinaisons nous ferons les hypothèses suivantes : 1° la puissance de production, qui est actuellement de 43 000 kilowatts, devrait être portée dès le début à 70 000 kilowatts s'il s'agit d'une usine unique où le total des réserves peut être moins fort que dans plusieurs usines dispersées; à 80 000 kilowatts si la puissance est répartie entre plusieurs usines; les autres installations, sous-stations, canalisations, etc., devraient avoir des puissances totales d'autant plus fortes qu'elles seraient dispersées en plus petits

éléments pouvant moins facilement se porter secours les uns aux autres. Les terrains des usines seraient acquis pour doubler la puissance prévue tout d'abord; 2° la longueur des canalisations de distribution (une ou deux fois la longueur des voies canalisées sur un côté ou sur les deux) qui est actuellement de 600^{km} serait portée au début à 1000^{km} (pour desservir tout Paris, il faudrait environ 2000^{km}); 3° les feeders primaires ou secondaires sont prévus pour une densité de courant de 1 amp.-mm²; 4° les distributeurs sont prévus pour la même densité et une puissance moyenne de 20 kilowatts, chiffre conforme à la pratique actuelle; 5° le prix des conducteurs est uniformément compté à 40^{fr} par kilomètre et par millimètre carré de cuivre utile, ou 5^{fr} le kilogramme, ce prix comprenant toutes les dépenses, caniveaux ou bien isolants et armatures, boîtes de jonction, pose, réfection des tranchées, etc. Dans un projet définitif on ne saurait évidemment admettre la proportionnalité du prix au poids de cuivre; mais, dans une première étude, elle est d'une exactitude suffisante, étant données d'autre part les variations possibles sur le cours des cuivres.

PREMIÈRE COMBINAISON : INSTALLATIONS ENTIÈREMENT NOUVELLES. — *Usines centrales à vapeur.* — Un point hors de discussion est la génération par grosses usines situées dans la banlieue, avec toutes les facilités désirables pour les approvisionnements en eau et en combustible. Malgré les progrès si remarquables des moteurs à gaz pauvres depuis ces dernières années, ils ne paraissent pas pouvoir lutter contre les machines à vapeur lorsqu'on envisage l'emploi de grosses unités atteignant plusieurs milliers de kilowatts et lorsque le gaz ne se trouve pas produit gratuitement comme dans les hauts fourneaux.

Une usine unique ou plusieurs usines. — La première question qui se pose est celle d'une usine unique ou de plusieurs usines. Étant donné la situation de Paris, les moyens d'approvisionnement en eau, les voies d'accès du combustible, etc., on n'aurait guère que deux alternatives : 1° une usine unique au nord de Paris, dans la région de Saint-Denis, Asnières ou Gennevilliers; 2° trois usines, l'une au nord, les deux autres au sud-est et au sud-ouest au bord de la Seine, à l'amont et à l'aval de Paris, vers Ivry ou Charenton et Issy ou Billancourt.

Avec trois usines, la distance moyenne de transport entre les génératrices et l'abonné se trouve réduite. Cet avantage est relativement faible dans le cas de Paris. Le centre de gravité de la consommation est situé au voisinage de l'Opéra, c'est-à-dire bien au nord du centre de gravité géométrique. S'il se déplace dans l'avenir, il paraît devoir se déplacer plutôt vers le nord et le nord-est et non vers le sud. La grosse partie restera concentrée dans les 1^{er}, 2^e, 3^e, 4^e, 8^e, 9^e et 10^e arrondissements.

Avec trois usines on aurait plus de sécurité dans certains cas exceptionnels; par exemple un incendie général n'amènerait l'extinction que dans un tiers de Paris et non dans la totalité. Une semblable éventualité, assurément possible, est bien peu probable, et depuis que l'industrie électrique se développe, le nombre des cas est singulièrement restreint. Il ne faut donc pas sacrifier autre mesure à de semblables craintes.

La puissance génératrice d'une usine doit être convenablement fractionnée : suffisamment pour que les machines en mouvement travaillent toujours assez près de la pleine puissance malgré les variations de débit et pour qu'une avarie subite n'ait pas de conséquences trop graves; pas trop pour que la conduite du tableau ne soit pas trop compliquée. Il y a d'autre part intérêt à avoir les plus grosses unités possibles pour diminuer le coût de construction, les frais de surveillance et aussi les dépenses de combustible. Une usine de 70 000 kilowatts pourrait assez bien être cou-

stituée par 9 unités de 7000 kilowatts, chiffre auquel on arrive aujourd'hui et 2 unités de 3500 kilowatts. L'adjonction ultérieure de 2 ou 3 unités de 7000 kilowatts (ou de 10000 si, comme il est vraisemblable, on arrive à ce chiffre) permettrait de parer aux besoins de l'avenir. Avec trois usines de 20000 à 40000 kilowatts il faudrait ou employer des unités plus faibles ou avoir un moindre fractionnement, ce qui serait également fâcheux.

Une usine unique peut être convenablement sectionnée de façon à limiter les conséquences d'un accident ordinaire, par exemple un feeder qui brûle. Malgré cela deux sections voisines d'une même usine peuvent mieux s'entraider en cas de besoin que deux usines éloignées l'une de l'autre, et la puissance totale à installer pour satisfaire aux mêmes besoins doit être moins forte dans une usine unique.

Dans les régions sud-est et sud-ouest les terrains n'abondent pas; cette dernière surtout est assez limitée et l'on se heurte assez vite aux coteaux de Meudon et de Saint-Cloud; vers le sud-est on pourrait être amené à s'éloigner beaucoup de Paris.

Si la voie d'eau est en général plus économique pour l'apport du combustible, il est bon de pouvoir aussi disposer de la voie de fer, ne fût-ce que pour abaisser les prétentions des bateliers. Or le charbon, amené à Paris par le réseau du Nord, n'arriverait au sud-est et au sud-ouest qu'en empruntant d'autres réseaux, ce qui entraîne forcément des majorations de prix.

Enfin, n'oublions pas que la Ville aura toujours un gros intérêt à assurer l'écoulement du coke de gaz, écoulement qui paraît devoir devenir de plus en plus difficile. Or, immédiatement à côté de l'usine à gaz du Landy, entre la route Nationale n° 1 et le canal Saint-Denis, se trouvent des terrains appartenant à la Compagnie du Gaz, relativement près de Paris (3^{me} des fortifications), plus vastes qu'il n'est nécessaire pour l'usine électrique, même en tenant compte de grosses augmentations ultérieures, et vraisemblablement inutiles pour les extensions futures des usines à gaz. Un pont jeté sur la route permettrait d'amener facilement le coke, et au besoin reliait l'usine électrique au Chemin de fer du Nord par l'intermédiaire du raccordement construit pour l'usine à gaz. Le canal Saint-Denis, concurrentiellement avec le Chemin de fer du Nord, amènerait le charbon si on le jugeait utile.

Le seul désavantage de cet emplacement est relatif à l'alimentation en eau. Une usine de 70000 kilowatts, aux heures où elle marcherait à pleine charge, nécessiterait 5m³ par seconde. Le canal Saint-Denis ne pourrait fournir un pareil débit et la Seine seule serait en état de le donner. Il faudra donc réemployer toujours la même eau et la refroidir artificiellement au moyen de bassins, de tours à cascade, ou autres dispositifs analogues. Le canal serait appelé simplement à remplacer l'eau perdue par évaporation, c'est-à-dire $\frac{1}{10}$ au plus du chiffre précédent, ou 170^l par seconde comme maximum maximum. La moyenne journalière maxima serait d'environ 80^l par seconde, et la moyenne générale de l'année 40^l par seconde. Un semblable débit peut parfaitement être demandé au canal.

Malgré ce dernier inconvénient, et pour tous les motifs qui viennent d'être donnés, nous prévoyons l'usine unique au Landy.

Il en serait tout autrement si la ou les usines à construire devaient alimenter les tramways, le Métropolitain, la distribution générale de la banlieue, etc. En ce cas il faudrait envisager une puissance totale d'un autre ordre de grandeur, peut-être 300000 kilowatts. Mais, comme nous l'avons déjà dit, une semblable éventualité est peu probable. Si elle se réalise dans l'avenir, l'usine unique que nous prévoyons aujourd'hui serait toujours utilisée, et l'on en construirait deux autres de grandeur analogue.

Nature du courant primaire. — Pour la génération et le transport, l'opinion des praticiens est à peu près fixée et, sans qu'il soit utile de justifier plus amplement notre choix, nous prévoyons le courant triphasé sous 10000 volts entre les sommets du triangle, soit environ 5500 volts entre un sommet et le point neutre.

Nature du courant distribué. — On peut hésiter davantage sur la forme du courant distribué. Plusieurs systèmes peuvent se soutenir avec des arguments presque équivalents et invoquer des exemples de bon fonctionnement.

Nous prévoyons la distribution sous forme triphasée avec 4 fils et 110 volts entre le fil neutre et l'un des trois autres; nos raisons sont les suivantes :

Le courant alternatif se prête mieux à la distribution dans les régions à faible densité de consommation; si l'uniformité absolue n'est pas nécessaire dans un ensemble aussi grand que Paris, elle n'en est pas moins préférable.

Les sous-stations, moins coûteuses à établir qu'avec le courant continu, sont d'une conduite plus facile. Ne comportant aucune partie tournante, elles peuvent se loger n'importe où. Sans trop de dépenses on peut les multiplier de façon à réduire le coût des feeders secondaires.

Si tel gros abonné préfère une tension autre que la tension normale, il est facile de lui donner satisfaction avec un transformateur et un feeder secondaire spéciaux.

Le rendement des transformateurs statiques est bien supérieur à celui des transformateurs tournants. Il faut, bien entendu, que ces transformateurs soient convenablement fractionnés et qu'aux diverses heures de la journée on n'ait en action que la quantité nécessaire.

Le continu et l'alternatif sont équivalents pour l'éclairage à incandescence et pour le chauffage. Pour la force motrice, il y a aussi équivalence tout au moins entre le continu et le polyphasé; le courant continu offre les désagréments du collecteur; le courant alternatif offre de plus grandes difficultés pour faire varier la vitesse du moteur. Pour l'éclairage à arc, facteur peu important dans l'ensemble, le courant continu semble conserver la supériorité; encore est-ce là un point discutable. Reste la charge des accumulateurs, mais c'est là encore un facteur bien peu important dans l'ensemble; pour le consommateur qui aura à supporter toutes les dépenses et tous les ennuis qu'entraîne une batterie, l'obligation d'avoir une commutatrice n'aggraverait pas sensiblement la situation.

En faveur du courant continu on a invoqué les services que peuvent rendre les batteries-tampons. Mais ces services sont singulièrement coûteux. A puissance égale, une batterie coûte, comme premier établissement, plus qu'une usine de production, son rendement n'est que de $\frac{2}{3}$ à $\frac{1}{2}$ en pratique; son entretien est coûteux. Elle est prête à fonctionner immédiatement, en cas d'avarie à une machine ou à une chaudière, mais à condition qu'elle se trouve suffisamment chargée à ce moment. L'utilité peut être assez sérieuse dans une petite usine, peu fractionnée, avec des machines dont le rendement baisse dès qu'on s'écarte de la pleine charge. Il en est autrement avec l'usine que nous prévoyons, avec des machines et chaudières dont le rendement baisse à peine entre la charge normale et les $\frac{3}{4}$ de cette charge, et qu'on peut au besoin pousser sans grande perte à $1\frac{1}{4}$ de la charge normale. En se tenant tout d'abord un peu au-dessous de la charge normale, on aura, soit comme chaudières en feu, soit comme machines en mouvement, des disponibilités suffisantes pour franchir une pointe ou parer à un accident. La batterie placée aux sous-stations permet également de parer à un accident sur un des feeders primaires. Mais avec les puissances considérées on est amené à fractionner les feeders et, comme on se donne toujours de la marge dans la section totale, on pourrait en cas d'avarie à l'un d'eux reporter la charge sur les autres.

Le courant distribué étant alternatif, chacun admettra la fréquence 50.

Distribution uniforme en basse tension ou bien distribution en haute tension dans les régions à faible densité. — On peut se demander si la distribution par canalisation à haute tension et transformateurs chez l'abonné ne serait pas préférable, cela bien entendu pour les seules régions à faible densité.

Soit, par exemple, une densité de 100 kilowatts de débit maximum par kilomètre carré.

Les transformateurs chez l'abonné seront de puissance totale 1,5 à 2 fois plus fortes que ceux de la sous-station, et étant plus petits coûteront 2 fois plus par kilowatt. Ils n'exigeront pas un grand local pour sous-stations, mais immobiliseront dans les divers immeubles une foule de petits locaux dont la valeur totale sera au moins aussi grande, et le propriétaire en fin de compte fera retomber cette charge sur son locataire. On doit donc compter :

D'une part 120 kilowatts à 50 ^{fr}	6000
D'autre part 200 kilowatts à 100 ^{fr}	20000
Différence.....	14000

La double longueur des rues de Paris est d'environ 25^m par kilomètre carré, mais dans une région à faible densité il ne faut compter comme canalisation que le tiers, soit au plus 10^m. Pour supporter 20 kilowatts sous 110 volts étoilés il faut 250^{mm}² de section. Lorsqu'on passe aux très petites sections que permettrait une tension de 1000 à 2000 volts, bien des chefs de dépense sont peu variables, armature et isolant, tranchée et réfection de voie publique; on n'économiserait guère que 20^{fr} par kilomètre et par millimètre carré, soit : $20 \times 10 \times 250 = 50\,000^{\text{fr}}$.

Dans le cas des faibles densités, les distributeurs seraient en général suffisants pour le transport de l'énergie et les feeders secondaires seraient négligeables; à plus forte raison leur différence.

En résumé, le fait de distribuer en haute tension économiserait, sur la construction, $50\,000 - 14\,000 = 36\,000^{\text{fr}}$ et, sur les charges annuelles, $36\,000^{\text{fr}}$ à 7 pour 100 : $2\,500^{\text{fr}}$.

La puissance maxima de 100 kilowatts correspondrait avec les majorations pour pertes ordinaires et pour réserve à une puissance de 150 kilowatts à l'usine et à une vente de 150 000 kilowatts-heure par an. Les pertes supplémentaires dues à la présence des transformateurs individuels, toujours en charge et présentant toujours un excès de puissance, seraient d'au moins 30 pour 100 de l'énergie vendue, soit 45 000 kilowatts-heure.

Le kilowatt-heure reviendrait, comme nous le verrons plus bas, à 0^{fr},17 comme dépense d'exploitation; mais on ne saurait taxer à ce prix les kilowatts-heure en plus produits aux heures de faible débit pour faire face aux pertes. Nous pouvons les évaluer à :

Charbon 1 ^{kg} ,5 à 0 ^{fr} ,02.....	0,030
Majoration de moitié pour main-d'œuvre de chauffe et divers.....	0,015
	0,045

soit une dépense annuelle de

$$0,045 \times 45\,000 = 2\,000^{\text{fr}}$$

Rappelons pour mémoire que la tension de 10 000 volts ne saurait être admise pour les branchements pénétrant dans les immeubles et alimentant de petites installations. Il faudrait, dans Paris, deux ou trois sous-stations intermédiaires abaissant la tension de 10 000 volts à 2 000 volts ou 3 000 volts; de là diverses dépenses supplémentaires.

En fait, dans le cas spécial examiné, les deux systèmes seraient équivalents. Pour un chiffre plus fort de la puissance

par kilomètre carré, le système avec réseau secondaire et sous-stations reprend l'avantage. Pour des chiffres plus faibles le nombre de kilomètres canalisés par kilomètre carré de surface décroîtrait proportionnellement; nous étions arrivé à 10^{km} par 100 kilowatts de puissance maxima, soit 10 kilowatts par kilomètre, chiffre au-dessous duquel il ne serait pas à propos de canaliser. (On n'atteindrait que 15 000 kilowatts-heure par an et par kilomètre de canalisation; or les secteurs ne sont actuellement tenus de prolonger leurs canalisations que sur garantie de 750×750 watts-heure par an et par décimètre, soit 56 000 kilowatts-heure par an et par kilomètre.) Dès lors l'équivalence persisterait entre les deux systèmes.

En conséquence, il paraît préférable d'adopter uniformément la distribution par sous-stations et réseau secondaire à basse tension.

Machines. — Comme machines, pour des raisons suffisamment connues, nous prévoyons les turbines avec condensation par surface. Les unités de 5 000 kilowatts sont entrées dans la pratique, il n'est pas téméraire de proposer 7 000 kilowatts. Pourrait-on aller au delà et réaliser encore quelques économies sur le prix par kilowatt? Théoriquement, la chose paraît parfaitement possible et tout semble indiquer que le fonctionnement deviendrait plus économique et plus sûr. Les diamètres augmentant et la vitesse linéaire restant constante, la vitesse angulaire diminuerait et, avec elle, tous les inconvénients qu'elle entraîne. Mais ce ne sont là, pour le moment, que des présomptions et l'on ne saurait, sans imprudence, extrapoler par trop au delà des résultats de l'expérience. Du reste, étant données la puissance totale et la convenance qu'il y a à fractionner cette puissance, il ne nous paraît pas intéressant d'aller, pour le moment, au delà de 7 000 kilowatts. L'avenir reste réservé.

Sous-stations. — Les sous-stations de transformation pourraient être au nombre de 1 par kilomètre carré en moyenne, soit environ 80 pour tout Paris et 1000 kilowatts en moyenne par sous-station. La distance de la sous-station à l'abonné serait ainsi de 600^m pour les abonnés les plus éloignés et de 400^m en moyenne. Très souvent les immeubles municipaux, ou des locaux loués chez les particuliers offriront des emplacements favorables. En tout cas on pourrait toujours se loger non pas *sur* mais *sous* la voie publique. Il est peu utile dans cette première étude de fixer les emplacements des sous-stations.

Dépenses. — Usine centrale :

Groupe électrogène, turbine, dynamo et condenseur : 70 000 kilowatts à 130 ^{fr}	9 100 000
Chaudières : 70 000 kilowatts à 150 ^{fr}	10 500 000
Bâtiments : 15 000 ^m ² à 200 ^{fr}	3 000 000
Terrains, y compris la surface pour parc à combustible, bassin de refroidissement pour l'eau de condensation, extensions futures..	1 000 000
Pompes pour l'alimentation des condenseurs et des chaudières; appareils de refroidissement, tableau, accessoires divers de l'usine.	1 000 000
Voies ferrées de raccordement avec l'usine à gaz; pont sur la route nationale; voie de desserte du parc à combustible et des soutes; terrassements.....	1 000 000
Garage pour bateaux le long du canal, estacade et appareils de déchargement.....	1 000 000
Galeria spéciales pour les feeders jusqu'à l'entrée de Paris où ils pourront ensuite être dispersés.	
Pour limiter les conséquences d'un accident nous prévoyons trois galeries :	
3 x 400 ^m ² à 300 ^{fr}	3 600 000
Divers.....	2 800 000
	33 000 000

Sous-stations :

Transformateurs :	fr
1000 kilowatts à 50 ^{fr}	50 000
Caveau souterrain : 200m ² à 400 ^{fr} ...	80 000
Tableau et divers.....	20 000
	150 000

Soit pour 80 stations..... 12 000 000

Feeders primaires :

Puissance : 80 000 000 watts. Tension entre un fil et le point neutre : 5500 volts. Intensité totale du courant : $\frac{80\,000\,000}{5\,500} = 15\,000$ ampères. Section totale : 15 000 mm²; soit,

avec fil neutre et en nombre rond, 20 000 mm². Longueur moyenne : 8^{km}, à 40^{fr} par millimètre carré et par kilomètre :

$$20\,000 \times 8 \times 40 = 6\,400\,000^{\text{fr}}.$$

Feeders secondaires :

Puissance : 90 000 000 watts. Tension entre un conducteur et le point neutre : 110 volts. Intensité totale : $\frac{90\,000\,000}{110}$, soit 800 000 ampères. Section totale avec fil neutre : 10 000 000 mm². Longueur moyenne : 0^{km},5. Dépense :

$$10\,000\,000 \times 0,5 \times 40 = 20\,000\,000^{\text{fr}}.$$

Distributeurs :

Puissance : 20 000 watts. Section : $\frac{20\,000 \text{ watts}}{110 \text{ volts}} = 180$ ampères, soit 250 mm² avec le fil neutre et les renforcements de section qui pourront être nécessaires en certains points. Longueur : 1 000^{km}. Dépense :

$$250 \times 1\,000 \times 40 = 10\,000\,000^{\text{fr}}.$$

Modification chez les abonnés :

Évaluation forcément approximative. Nombre probable des abonnés au moment de la transformation : 40 000. Dépense :

40 000 à 300^{fr}..... 12 000 000^{fr}

Résumé :

Usine centrale.....	33 000 000	fr
Sous-stations.....	12 000 000	
Feeders primaires.....	6 400 000	
Feeders secondaires.....	20 000 000	
Distributeurs.....	10 000 000	
Modifications chez les abonnés.....	12 000 000	
	93 400 000	

Intérêts intercalaires des capitaux, frais d'étude et de surveillance et imprévus.....

16 600 000

110 000 000

chiffre notablement inférieur à nos premières évaluations basées principalement sur la statistique des usines existantes, notamment en Allemagne. L'abaissement tient surtout aux prix que les constructeurs ont fait connaître pour les groupes électrogènes avec turbines de fortes dimensions; ces prix sont notablement inférieurs au prix des machines à piston construites précédemment et même des turbines à faible puissance. Il est à noter également que les fondations n'offrent à l'emplacement choisi pas de difficulté spéciale, ce qui ne serait plus le cas en certains points voisins de la Seine.

Note complémentaire. Intensité des courants alternatifs de basse tension dans les quartiers à forte consommation. — Dans le quartier de la Chaussée d'Antin (Opéra) dont la surface est de 0^{km},5 la puissance installée chez les abonnés est de 5000 kilowatts.

On peut admettre que la puissance maxima débitée dans l'avenir serait égale à la puissance installée aujourd'hui.

Vu la grande densité de consommation, les sous-stations

seraient plus rapprochées que dans la moyenne de Paris. On aurait pour ce quartier quatre sous-stations de 1250 kilowatts en moyenne, soit 1500 kilowatts au maximum.

Si on limite la section d'un conducteur à 200 mm², un câble triphasé à 4 conducteurs, dont 3 de 200 mm², peut porter 600 ampères, soit, à 110 volts entre chaque conducteur principal et le fil neutre, une puissance de 66 kilowatts. De chaque sous-station devraient donc partir 24 feeders. Si la sous-station est à un carrefour à 4 directions, soit 8 trottoirs, on aurait par trottoir 3 feeders, d'un seul câble chacun, soit 4 câbles en y comprenant le distributeur. Le nombre irait rapidement en diminuant à mesure qu'on s'éloignerait de la sous-station. Or, une distribution à 3 fils et un feeder à 2 fils pour courant continu donneraient déjà 5 câbles.

DEUXIÈME COMBINAISON. USINES NOUVELLES, CONSERVATION PARTIELLE DU SURPLUS. — *Usine centrale.* — Comme dans le cas précédent et pour ces mêmes motifs, nous prévoyons une usine centrale de 70 000 kilowatts au Landy, donnant du courant triphasé à 10 000 volts. La fréquence sera indiquée plus loin.

Division de Paris en deux zones. — Une première zone comprendrait les régions desservies actuellement en courant alternatif, celles où il n'existe que de rares abonnés en courant continu, et celles où il n'existe actuellement aucune distribution, savoir : les périmètres entiers des Secteurs des Champs-Élysées et de la Rive gauche; les parties peu ou presque pas canalisées des Secteurs Edison, Éclairage et Force et Air comprimé. Le surplus, comprenant la presque totalité des abonnés desservis en courant continu, conserverait le courant continu, savoir : le périmètre entier du Secteur de Clichy, les zones actives des trois autres Secteurs à courant continu.

Courant alternatif. — Dans cette zone le courant serait distribué comme il a été prévu à la première combinaison : courant triphasé à 110 volts étoilés par canalisation secondaire. Les abonnés ordinaires pour éclairage resteraient desservis comme actuellement et n'auraient rien à changer dans leur installation. Seraient seuls à modifier : 1° les moteurs importants qui devraient être triphasés; 2° les branchements qui reçoivent actuellement le courant monophasé primaire; 3° les grosses colonnes montantes qu'on jugerait bon d'établir en triphasé; 4° les canalisations principales intérieures de quelques gros abonnés dont on jugerait bon de répartir les lampes entre les trois phases.

On desservirait ainsi en courant alternatif environ les $\frac{1}{2}$ de la surface de Paris. La part proportionnelle de l'énergie vendue en courant alternatif, qui est actuellement $\frac{1}{2}$ du total, pourrait facilement s'élever à $\frac{1}{2}$ par l'accession des régions non desservies aujourd'hui.

Courant continu. — Les abonnés actuellement desservis en courant continu resteraient, sauf exceptions peu importantes, desservis en courant continu; mais il ne nous paraît pas à propos de conserver la diversité des systèmes actuels. Les quantités d'énergie vendues en 1903 se répartissent, savoir :

2 fils.....	20 pour 100
3 fils.....	25 »
5 fils.....	55 »
	100 »

Nous prévoyons partout le système à 5 fils, parce qu'il est actuellement plus répandu et parce qu'il permet d'avoir soit des sous-stations plus puissantes et plus éloignées les unes des autres, soit des canalisations moins coûteuses, soit une moindre perte dans le réseau.

On lui a reproché sa complexité. Nous ne contesterons pas cet inconvénient, mais il a été quelque peu exagéré, et en

tout cas il n'a plus d'importance pour les abonnés déjà installés suivant ce système.

On lui a opposé le système à 3 fils et 2×220 volts qui se répand beaucoup depuis quelques années. Mais contre ce système on doit invoquer le moins bon rendement des lampes de 5 et 10 bougies. Or ce sont là les lampes dont l'emploi restera toujours très fréquent, surtout chez le petit consommateur, celui qu'on doit chercher à attirer de plus en plus. Sans pouvoir être bien précis nous estimons à 10 pour 100 la perte de rendement lumineux quand on passe de 140 à 220 volts et qu'on exige des lampes la même durée. Rappelons pour mémoire que le système à 220 volts est aussi moins commode pour l'éclairage par arcs, et pour les petits moteurs.

Quelle économie offre un système à 2×220 volts sur un système à 4×110 volts?

Les dépenses de production et distribution, y compris la perte en ligne, restent les mêmes. Les prix des usines, sous-stations, feeders primaires, feeders secondaires à 2 fils, restent les mêmes. Les distributeurs à 5 fils de section $100 + 50 + 50 + 50 + 100 = 350$ sont remplacés par des distributeurs de section $100 + 50 + 100 = 250$, soit une économie de $\frac{1}{3}$ environ. Or les distributeurs représentent environ 150^{fr} par kilowatt de puissance à l'usine centrale, soit à 7 pour 100 une dépense annuelle de 10^{fr} à reporter sur 1000 kilowatts-heure ou 0^{fr},01 par kilowatt-heure. L'économie possible, égale au tiers de cette somme, serait de 0^{fr},0033 par kilowatt-heure. Admettons 0^{fr},005 pour tenir compte d'une plus grande simplicité d'exploitation.

La perte en lumière serait de 10 pour 100. Si l'on admet que les petites lampes à incandescence représentent moitié de la consommation, la perte moyenne serait de 5 pour 100.

Pour qu'il y eût avantage à donner 220 volts, il faudrait que le prix de revient total du kilowatt-heure, y compris charges de capitaux, ne dépassât pas

$$\frac{0,005}{0,05} = 0^{fr},19,$$

ce qui paraît impossible. Du reste, avec un réseau à 4×110 volts, l'exploitant pourra toujours, par des réductions de tarifs, pousser l'abonné à se brancher sur 220 volts. Pour le moment il nous paraît préférable de prévoir le réseau à 4×110 volts.

Les canalisations de Clichy et de l'Air comprimé seraient conservées et recevraient au fur et à mesure les renforcements nécessaires.

Les canalisations des Secteurs Edison et d'Éclairage et Force seraient à transformer par adjonction de fils nouveaux, mais la transformation n'aurait pas besoin d'être complète au début du nouveau régime. Les grandes mailles des réseaux seraient seules établies dès le début à 5 fils; les 2 ou 3 fils des canalisations de moindre importance viendraient se connecter avec tels ou tels des 5 fils des canalisations précédentes.

Sous-stations continues. — La région à desservir en courant continu aurait environ 20 km² de surface et la puissance totale serait de 50000 kilowatts. On pourrait admettre pour chaque sous-station un périmètre de 4 km², soit une distance maxima de 1500^m et une distance moyenne de 1000^m. On aurait ainsi 5 sous-stations de 10000 kilowatts, si l'on voulait en réduire le nombre au minimum.

Mais pour l'économie dans la construction et dans l'exploitation de ces sous-stations il n'est pas nécessaire de les avoir aussi puissantes. En les disséminant davantage on économise tant sur la perte en ligne que sur le coût des feeders secondaires à établir. D'autre part, pour utiliser les feeders secondaires existants, il faut établir les sous-stations à l'emplacement des stations ou sous-stations actuelles savoir: rue des Dames; avenue Trudaine et faubourg Mont-

martre; boulevard Barbès, faubourg Saint-Denis, rue de Bondy et rue d'Alexandrie; rue de Sévigné, rue Mauconseil et rue Saint-Roch. Si on ne pouvait s'établir à ces emplacements mêmes il faudrait s'en rapprocher le plus possible.

Malgré son peu de distance de la sous-station Mauconseil, l'emplacement de l'usine des Halles paraît aussi devoir être conservé comme sous-station, vu l'importante consommation dans les Halles mêmes.

Les emplacements de la rue des Dames, de l'avenue Trudaine, du faubourg Montmartre et de la rue Saint-Roch déterminent une demi-circonférence de 2 km,5 de diamètre dont le centre, situé vers le carrefour Tronchet-Haussmann, se trouverait bien éloigné de toute sous-station. Sans que la chose soit absolument nécessaire il paraît utile d'établir une sous-station dans cette région où la consommation est forte et de voir ainsi les sous-stations réparties un peu plus uniformément.

En résumé nous pouvons compter sur une douzaine de sous-stations de 4500 kilowatts.

Division provisoire ou définitive. — Doit-on admettre que la division de Paris en deux zones serait définitive au moins pour une vingtaine d'années, ou bien le courant alternatif ne serait-il qu'un mode inférieur destiné à céder la place au courant continu à mesure que la densité de consommation augmenterait?

Suivant nous la division adoptée doit être définitive, autant qu'on peut faire du définitif en pareille matière. Les avantages d'un système sur l'autre ne sont pas décisifs. Si, contrairement à notre avis, l'on préférerait le courant continu, ce serait faire une fausse manœuvre que de créer des installations destinées à disparaître ou à être transformées dans le délai d'une dizaine d'années. Mieux vaudrait installer franchement le courant continu partout, pour le début du nouveau régime.

Fréquence primaire. — Étant donné qu'on aurait à distribuer environ $\frac{2}{3}$ en courant continu et $\frac{1}{3}$ en courant alternatif, quelle serait la fréquence ou les fréquences à adopter dans l'usine génératrice? La question ne se pose guère qu'entre les fréquences 25 et 50.

Pour distribuer du courant continu, la fréquence 50 ne paraît pas convenir aux commutateurs, bien que certains constructeurs annoncent le contraire. Les moteurs-générateurs, qui marchent bien à la fréquence 50 comme à la fréquence 25, sont plus coûteux, leur partie tournante est plus lourde et leur rendement un peu inférieur; mais par contre ils permettent un réglage plus facile de la tension continue. La fréquence 50 s'accommoderait aussi des transformateurs spéciaux, type Maurice Leblanc (employés à la fréquence 40 sur le Secteur d'Éclairage et Force).

La fréquence 25 s'adapte parfaitement aux distributions en courant continu. Pour les distributions en courant alternatif elle se prête bien aux divers usages, sauf à l'éclairage par arcs. Bien que ce ne soit pas là un facteur des plus importants, l'inconvénient nous paraît suffisant pour interdire la fréquence 25 dans une distribution alternative.

Adopterait-on les deux fréquences 50 et 25, l'une pour le courant alternatif, l'autre pour le courant continu, ou bien la fréquence unique 50? Dans ce dernier cas, l'usine génératrice forme un seul ensemble où toutes les parties jouent le même rôle et peuvent se remplacer et s'entraider; de même les feeders peuvent alimenter indifféremment et simultanément les sous-stations continues ou alternatives. Dans l'autre cas, si les chaudières continuent à former un seul bloc, les machines, tableaux, feeders, forment deux blocs bien distincts, et pour donner les mêmes facilités d'exploitation la réserve de puissance doit être plus forte. Une avarie brusque de machine est plus grave puisqu'elle affecte un ensemble plus petit dont la machine en question constitue une fraction plus considérable.

Nous prévoyons en conséquence la fréquence unique de 50.

Au cas où, contrairement à notre avis, on établirait trois usines, la question se poserait différemment. Les usines sud-est et sud-ouest n'auraient à distribuer que du courant alternatif et seraient établies à la fréquence 50. L'usine nord aurait à distribuer finalement 85 à 90 pour 100 en courant continu, 15 à 10 pour 100 en courant alternatif. Il ne serait pas inadmissible d'établir l'usine entière à la fréquence 25 et de ne distribuer que du courant continu malgré les inconvénients qui en résulteraient dans la région à faible densité. Nous préférons cependant, même en ce cas, la fréquence unique de 50.

Dépenses. — Usine centrale :

Comme précédemment 33 000 000^{fr}

Feeders primaires :

Comme précédemment, mais avec une légère augmentation, vu le nombre plus grand de sous-stations à desservir; au lieu de 6 400 000^{fr} nous mettons..... 7 000 000^{fr}

Sous-stations alternatives :

Dans la combinaison précédente les sous-stations revenaient à 150^{fr} le kilowatt. Ici la puissance moyenne de chaque sous-station serait un peu moins élevée puisqu'il ne s'agirait que de la zone la moins dense; nous prévoyons un prix plus élevé par kilowatt, soit :

25 000 kilowatts à 180^{fr}..... 4 500 000^{fr}

Sous-stations continues :

Nous pouvons admettre 400^{fr} par mètre carré, soit pour des salles souterraines sous la voie publique, soit pour la valeur d'un rez-de-chaussée dans les conditions moyennes : Une sous-station vaudrait dans ces conditions :

	fr
Machines : 4 500 kilowatts à 200 ^{fr}	900 000
Accumulateurs : 500 kilowatts à 800 ^{fr}	400 000
Local : 500 m ² à 400 ^{fr}	200 000
Tableaux et divers.....	200 000
	1 700 000

Soit pour 12 stations..... 20 400 000^{fr}

La surface n'est comptée que pour les machines et non pour les batteries. Ces dernières seraient supprimées dans certaines sous-stations, renforcées dans d'autres, suivant que les circonstances locales s'y prêteraient.

Feeders secondaires alternatifs :

Un tiers de la somme prévue à la combinaison précédente, la puissance étant réduite à un tiers :

$\frac{1}{3}$ de 20 000 000 de francs..... 7 000 000^{fr}

Distributeurs alternatifs :

Moitié de la somme prévue à la combinaison précédente, bien que la puissance soit seulement un tiers, vu la moindre densité de consommation :

$\frac{1}{2}$ de 10 millions..... 5 000 000^{fr}

Feeders secondaires continus :

Puissance 50 000 kilowatts, dont environ 30 000 transmis par les feeders actuels. Reste à transmettre 20 000 kilowatts sous 440 volts, soit 45 000 ampères. Section 90 000 mm². Longueur moyenne 0^{km}, 8. Dépense :

90 000 × 10 × 0,8..... 2 900 000^{fr}

Distributeurs continus :

Pour transporter 20 kilowatts sous 440 volts il faut

45 ampères, soit une section totale de 200 mm² y compris fils intermédiaires. Les régions à alimenter en continu comportent actuellement 350^{km} de canalisation. On peut compter qu'il faudrait 150^{km} de nouvelles canalisations ou l'équivalent en remaniement des canalisations à 2 et à 3 fils, soit une dépense :

150 × 200 × 40..... 1 200 000^{fr}

Modifications chez les abonnés :

Evaluation approximative :

40 000 abonnés à 70^{fr}..... 2 800 000^{fr}

Résumé :

	fr
Usine centrale.....	33 000 000
Sous-stations alternatives.....	45 000 000
» continues.....	20 400 000
Feeders primaires.....	7 000 000
» secondaires alternatifs.....	7 000 000
Distributeurs alternatifs.....	5 000 000
Feeders secondaires continus.....	29 000 000
Distributeurs continus.....	12 000 000
Modifications chez les abonnés.....	28 000 000
	83 800 000
Divers et imprévus.....	16 200 000
	100 000 000

VARIANTE DE LA DEUXIÈME COMBINAISON. — On remplacerait dans la zone du courant continu la distribution à 4×110 volts par la distribution à 2×110 volts.

Les seuls articles de dépense à modifier sont les suivants :

Feeders primaires :

Vu l'augmentation du nombre des sous-stations, nous prévoyons, par rapport au chiffre primitif de 7 millions, une augmentation de 500 000^{fr}.

Sous-stations continues :

Au lieu de 12 sous-stations de 4 500 kilowatts, il faudrait, pour 20^{km}², 20 sous-stations de 25 000 kilowatts qui coûteraient :

	fr
Machines 2 500 kilowatts à 200 ^{fr}	500 000
Accumulateurs 280 kilowatts à 800 ^{fr}	230 000
Local 450 m ² à 400 ^{fr}	180 000
Tableaux et divers.....	180 000
Total.....	1 090 000

Soit, pour 20 sous-stations..... 21 800 000

Soit, par rapport au chiffre primitif de..... 20 400 000

Une augmentation de..... 1 400 000

Feeders secondaires continus :

Les augmentations de section compensent sensiblement les diminutions de longueur pour les feeders nouveaux à poser. Les feeders existants à 440 volts perdront la moitié de leur puissance et il faudra les doubler, soit une dépense sensiblement égale à celle qui avait été prévue pour feeders nouveaux ou 3 000 000^{fr}.

Distributeurs continus :

Pour une même puissance les sections doivent être dans les rapports $\frac{4+2+4}{2+1+1+1+1+1} = \frac{10}{7}$. La dépense prévue tout d'abord à 1 200 000^{fr} doit être, pour les distributeurs nouveaux, majorée des $\frac{3}{7}$ ou de 500 000^{fr}.

Les distributeurs actuels à 5 fils perdront de leur puissance et certains devront être renforcés (ou bien de nouveaux feeders être établis), soit 500 000^{fr}.

Au total..... 1 000 000^{fr}
5.

Total des augmentations de dépenses :

Feeders primaires.....	500 000	fr
Sous-stations continues.....	1 400 000	
Feeders secondaires continus.....	3 000 000	
Distributeurs continus.....	1 000 000	
	5 900 000	
Divers et imprévus.....	1 100 000	
	7 000 000	

Sur un total de 100 millions, la majoration est peu considérable.

Les abonnés qui y consentiraient seraient desservis à 220 volts entre fils extrêmes.

La transition du système futur serait plus compliquée, étant donné que la plus grande partie de la région à desservir reçoit actuellement du courant à 4×110 volts. Malgré cet inconvénient et malgré une légère augmentation de dépenses, nous nous rallierions volontiers à cette variante qui permet une exploitation plus régulière.

TROISIÈME COMBINAISON. CONSERVATION PRESQUE COMPLÈTE DES INSTALLATIONS EXISTANTES. — Conservation provisoire ou définitive. — Si l'on veut tirer parti de tout ce qui existe, usines et canalisations, il importe de préciser dans quelles conditions.

Comme nous le verrons plus bas, à propos des délais d'exécution et du mode de transition, les installations actuelles devront être maintenues en activité pendant environ deux ans et demi après l'expiration des quatre premières concessions, un an et demi après l'expiration des autres.

Pour tirer parti de la valeur que représentent ces usines, on peut songer à les utiliser pendant quelques années de plus, 10 par exemple; établir graduellement les installations nouvelles suivant une des deux combinaisons qui précèdent, ou toute autre qui serait reconnue préférable; passer graduellement d'un régime à l'autre, sans à-coup, sans hâte excessive dans les travaux.

Nous ne croyons pas qu'une semblable mesure soit à recommander dans le cas actuel. Les moyens de production et de distribution sont de beaucoup insuffisants pour les besoins; il y a urgence à les augmenter. Les augmenter en renforçant simplement les usines et canalisations actuelles serait une bien malheureuse opération, si l'on prévoit au bout de quelques années le passage à un autre système et l'abandon, non seulement de ce qui existe aujourd'hui, mais de tout ce qui aurait été fait à nouveau.

Voudrait-on utiliser sans augmentation ce qui existe; demander à des usines et canalisations construites suivant un autre type les appoints nécessaires par suite de l'augmentation de consommation, par suite de l'usure des anciennes installations, cela pendant une dizaine d'années! Ce serait chose singulièrement complexe. Les nouvelles installations devraient s'infiltrer au milieu des anciennes et pénétrer graduellement dans le périmètre de chaque Secteur. Mais cette infiltration ne pourrait se produire uniformément sur toute l'étendue. Les usines nouvelles alimenteraient par exemple sur chaque secteur une fraction délimitée et successivement croissante de la surface. Mais, sur la partie qui restera provisoirement rattachée aux anciennes usines, des demandes nouvelles vont se produire; pour satisfaire, il faudra, dans certains cas, renforcer la canalisation, etc., en un mot, faire des dépenses qui seront souvent mal utilisées dans l'avenir. Il y a là une cause de trouble et de fausse manœuvre. Ce sera une période de malaise dont il importe de sortir le plus tôt possible. A cela il faut ajouter que pendant cette période l'exploitation sera dans son ensemble encore plus complexe qu'elle ne l'est aujourd'hui.

Réserve faite de telle combinaison nouvelle qui ne se pré-

sente pas aujourd'hui à notre esprit, nous regardons comme mauvaise cette utilisation provisoire des usines actuelles. A notre avis il faut tendre le plus rapidement possible vers le régime que l'on aura trouvé préférable, pour pouvoir le plus tôt possible et sans fausse manœuvre satisfaire aux besoins d'une population qui a déjà longtemps attendu.

Si donc on veut utiliser les usines actuelles ce doit être à titre définitif, c'est-à-dire, suivant toute vraisemblance, pendant une vingtaine d'années; en les augmentant suivant les besoins; en conservant sans grands changements les divers systèmes de distribution qui existent dans les diverses régions; en ne faisant du nouveau que là où il n'y a rien ou presque rien.

Usines à conserver ou à abandonner. — Voici comment nous entendrions cette utilisation :

Les usines hors Paris et l'usine de Jemmapes sont de construction relativement récente, et somme toute acceptables. Bien que l'usine du Triphasé d'Asnières n'appartienne pas nominale-ment au Secteur de Clichy, nous la comptons parmi les usines à conserver, la plus grande part de sa clientèle étant constituée par ce Secteur. L'usine de Saint-Ouen pourrait être conservée ou non suivant les facilités que l'on aurait à la dégager des liens qui la rattachent au Chemin de fer du Nord. Nous en prévoyons l'abandon, son service pouvant être fait facilement par les usines de Jemmapes et de Saint-Denis. L'usine de Saint-Ouen pourrait au besoin être substituée à celle d'Asnières et desservir le périmètre que nous assignons à cette dernière.

Quant aux usines situées dans Paris, autres que Jemmapes, elles s'exploitent dans de mauvaises conditions et devront être abandonnées. Pour la plupart d'entre elles les emplacements, centres de divergence des feeders, seraient à conserver comme sous-stations; mais tel n'est pas le cas pour Saint-Fargeau et Richard-Lenoir; il y aurait là des emplacements, peut-être plus facilement disponibles que d'autres, mais ne présentant pour une sous-station aucun autre avantage spécial.

La suppression de ces usines, leur remplacement par des sous-stations et par des installations correspondantes dans les usines primaires, tout cela pourrait se faire progressivement en quatre ou cinq ans à partir d'aujourd'hui. La durée de fonctionnement annuel serait progressivement restreinte et réduite aux heures de maximum. On ajournerait ainsi une partie des nouvelles dépenses de construction, et les inconvénients d'exploitation seraient fort diminués.

Répartition des périmètres. — Faisant abstraction de la personnalité des Secteurs, et considérant, d'une part les moyens de production et de distribution disponibles, d'autre part la clientèle desservie ou à desservir, nous voyons que les moyens dont on dispose sont loin d'être utilisés pour le mieux. Les centres primaires et secondaires sont beaucoup trop excentriques par rapport aux régions desservies. Une certaine excentricité était inévitable, notamment en ce qui concerne les usines primaires à haute tension; mais l'excentricité a été encore exagérée par suite de raisons non techniques. De plus le sud-est de Paris, loin de tout centre de distribution, n'est pour ainsi dire pas desservi. On remédierait à cette situation, sans avoir grand-chose à bouleverser : en remaniant les périmètres, en augmentant suivant les besoins la puissance des usines, ce qui est possible avec les terrains disponibles; en établissant un nouveau centre pour la région sud-est, soit sur les terrains du Secteur de la Rive gauche à Ivry, soit en tout cas dans le voisinage, sur l'une ou l'autre rive de la Seine.

Issy abandonnerait à Ivry l'extrémité est du Secteur actuel de la Rive gauche où la consommation est presque nulle, et se verrait annexer l'extrémité sud-ouest du Secteur actuel des Champs-Élysées.

Levallois-Perret verrait son domaine réduit en étendue;

mais les augmentations de consommation assureraient au moins l'utilisation de l'usine existante et des feeders.

Ivry desservirait, par exemple, en triphasé, la zone abandonnée par Issy, et la partie sud-est du Secteur actuel de l'Air comprimé, actuellement non desservie.

En dehors des extensions ou constructions d'usines, il n'y aurait que quelques feeders primaires à poser dans la région qui passerait de Levallois-Perret à Issy. Les abonnés n'éprouveraient d'autre changement que le passage de la fréquence 40 à la fréquence 42.

Enfin, on pourrait prévoir, mais cela graduellement, la suppression des transformateurs particuliers, et leur remplacement par des sous-stations de transformation et des canalisations secondaires. Il n'y aurait, en somme, ni fausse manœuvre, ni gêne pour personne.

Jemmapes n'a pour ainsi dire pas de clientèle dans un rayon de 1^{km} autour de l'usine même, cette région étant en partie inactive, en partie attribuée à un autre Secteur. L'usine ne livre de courant qu'au sud et au sud-ouest; la distance atteint 3^{km}, ce qui est bien élevé pour du courant à 440 volts. Le périmètre serait rogné à l'extrémité sud-ouest et la région actuellement alimentée par la sous-station de Saint-Roch serait annexée à l'usine d'Asnières qui fonctionne à 5000 volts. Par contre, le périmètre de Jemmapes serait étendu au voisinage immédiat de façon à comprendre en entier un cercle de 1^{km} de rayon tracé autour de l'usine.

Asnières verrait son domaine s'étendre : vers le sud-est aux dépens du Secteur actuel de l'Air comprimé; vers l'est, aux dépens du Secteur actuel Edison dans les parties voisines de la rue des Dames. La rue des Dames, devenue simple sous-station, verrait son périmètre augmenté vers l'est et rogné vers le sud-est, là où l'éloignement devient considérable pour une tension de 440 volts. Une ou deux nouvelles sous-stations, analogues à la sous-station actuelle de la rue des Dames, recevraient le courant d'Asnières et desserviraient les régions enlevées à Jemmapes et à la rue des Dames.

On peut concevoir soit une sous-station occupant l'emplacement actuel de la rue Saint-Roch et un autre vers le carrefour Tronchet-Haussmann, soit une seule établie, par exemple, sous le sol de la place Vendôme où l'on aurait toute l'étendue nécessaire.

Les canalisations des Secteurs de Clichy et de l'Air comprimé seraient conservées, mais il y aurait à remanier divers feeders dans la région desservie par la ou les nouvelles sous-stations. Dans la région desservie du Secteur actuel Edison et annexée à la rue des Dames, il y aurait de nouveaux feeders à poser et divers remaniements de canalisations à faire sans aller jusqu'à poser immédiatement cinq fils partout.

Dans la partie annexée à Jemmapes aux dépens du Secteur d'Éclairage et Force, les emplacements des centres actuels quai de la Loire, faubourg Saint-Denis, rue de Boudy et rue d'Alexandrie, pourraient être utilisés comme emplacements de sous-stations; et les feeders qui en partent seraient utilisés comme feeders à deux fils du nouveau système. Il faudrait adjoindre trois autres fils à certains d'entre eux; peut-être utiliser autrement les conducteurs existants et à deux feeders à deux fils ajouter un cinquième fil pour constituer un feeder à cinq fils; enfin remanier partiellement les canalisations, comme nous l'avons déjà expliqué, pour les adapter à la distribution sous 4×110 volts.

Les petits abonnés ne seraient pas touchés. Il n'y aurait de modifications que chez quelques gros abonnés, et sur les colonnes montantes les plus importantes.

Saint-Denis alimenterait, suivant le système actuel, Trudaine et le faubourg Montmartre, qui seraient supprimés comme usines génératrices, conservés et augmentés comme sous-stations. Leur domaine serait réduit à l'ouest au profit

de la rue des Dames et étendu à l'est aux dépens du Secteur actuel d'Éclairage et Force. Saint-Denis alimenterait aussi la sous-station Barbès. Pour transformer le moins possible, on généraliserait dans cette région le courant continu à 2×110 volts, 3 fils. Les changements dans les canalisations ou chez les abonnés seraient analogues à ceux que nous venons d'examiner.

Enfin, l'usine de Saint-Denis desservirait encore la région nord-est de Paris au moyen de trois sous-stations à établir aux abattoirs de La Villette, sur l'emplacement de l'usine des Buttes-Chaumont et sur un point à déterminer dans le XVIII^e arrondissement. Les sous-stations seraient analogues à celles de Trudaine et du faubourg Montmartre, mais la distribution se ferait sous 4×110 volts, 5 fils.

DÉPENSES. — Usines et sous-stations actuelles : Les usines et sous-stations actuelles paraissent avoir coûté environ 50 000 000 de francs. Nous n'indiquons pour le moment pas de chiffre pour leur acquisition.

Augmentation de puissance génératrice : L'usine centrale unique prévue dans les combinaisons précédentes reviendrait environ à 450^{fr} par kilowatt. Le supplément de puissance à créer à Ivry ou dans les usines actuelles, au moyen d'unités beaucoup plus petites, reviendrait à un prix bien plus élevé. Nous croyons devoir porter 50 000 kilowatts à 800^{fr}..... 40 000 000^{fr}

Sous-stations continues : Pour le supplément de puissance dans les sous-stations donnant du courant continu, on aurait à utiliser les emplacements laissés libres par les usines supprimées; nous comptons donc un prix unitaire moins élevé que dans la combinaison précédente, soit 300^{fr} par kilowatt pour les machines et 100^{fr} en moyenne pour les terrains et bâtiments qui resteraient à acquérir ou à construire et les aménagements divers; soit 50 000 kilowatts à 300^{fr}..... 15 000 000^{fr}

Sous-stations alternatives : Sur le domaine de l'usine d'Ivry, 10 000 kilowatts à 180^{fr}..... 1 800 000^{fr}

Transformateurs chez les abonnés : Pour les nouvelles demandes à prévoir sur les réseaux des usines d'Issy et de Levallois-Perret, 5 000 kilowatts à 100^{fr}..... 500 000^{fr}

Canalisations : Une évaluation tant soit peu approchée serait bien complexe et bien longue. Dans la seconde combinaison nous étions arrivés de ce chef à un total de 23 000 000 de francs. Ici on utilise dans une plus large mesure ce qui existe, mais bien des nouveaux feeders à établir sous une tension moindre que celle prévue à la seconde combinaison seront plus coûteux. Dans l'ensemble nous évaluons la dépense aux deux tiers de celle que comportait la combinaison précédente, soit..... 15 000 000^{fr}

Modification chez les abonnés : Chez les abonnés en courant alternatif il n'y aura rien à faire. Chez les autres les modifications seront faibles; nous comptons en moyenne, pour le courant continu, 23 000 abonnés à 50^{fr}... 1 100 000^{fr}

Résumé :

Augmentation de puissance génératrice.....	40 000 000
» de sous-stations continues.....	15 000 000
Sous-stations alternatives.....	1 800 000
Transformateurs d'abonnés.....	500 000
Canalisations.....	15 000 000
Modifications chez les abonnés.....	1 100 000
	73 400 000
Divers et imprévus.....	16 600 000
	90 000 000

Ce chiffre ne comprend ni la valeur des usines actuelles,

ni, sur les réseaux alternatifs, le remplacement des transformateurs isolés par des sous-stations et une canalisation secondaire.

QUATRIÈME COMBINAISON. CONSERVATION DES PÉRIMÈTRES ACTUELS. — Enfin, pour être complet, signalons une quatrième solution : la conservation des usines actuelles, leur extension suivant les besoins et la conservation des limites des Secteurs.

Au point de vue technique, nous n'y verrions aucun avantage. Mais ici nous devons exceptionnellement faire une excursion en dehors du domaine purement technique. Les Secteurs pourraient trouver des avantages d'ordres divers au maintien du *statu quo*. La Ville aura à voir quelles conditions elle devra exiger pour qu'une telle combinaison lui soit avantageuse.

COMPARAISON FINANCIÈRE. — Étant donné le degré d'exactitude que comportent nos évaluations, les trois premières combinaisons sont équivalentes comme coût de construction. La troisième serait même plus chère, à moins que les Secteurs ne fassent de très grandes concessions dans la vente ou la prise en compte de leur actif. Elle deviendrait même d'autant plus coûteuse que la puissance à fournir dépasserait nos prévisions; l'avantage dû aux grosses machines de type perfectionné croîtrait proportionnellement à cette puissance, tandis qu'on ne réaliserait qu'une économie constante par la conservation de ce qui existe.

Les dépenses d'exploitation seraient évidemment plus fortes avec la troisième combinaison; cette dernière serait donc à rejeter.

Entre les deux premières combinaisons la différence serait insignifiante comme dépenses d'exploitation. Nous n'aurons à faire un choix qu'après avoir examiné la question du délai et du mode de transition.

Quant à la quatrième, elle ne serait à examiner que si les intéressés garantissaient à la Ville comme prix de vente ceux auxquels nous verrons plus bas que l'on peut arriver.

DELAIS D'EXECUTION. MODE DE TRANSITION. — *Première combinaison.* — On doit compter un délai de 4 ans pour les diverses formalités administratives et pour la construction. C'est donc pendant l'été de 1909 que se ferait la transition. A cette date les concessions de tous les secteurs seront expirées, les uns depuis quelques mois, les autres depuis plus de 2 ans. Pour éviter une interruption du service, il faut donc que, d'une façon ou d'une autre, les usines actuelles continuent à livrer jusqu'à cette époque. Peut-être pourrait-on gagner 1 an si la combinaison adoptée n'engageait pas les finances de la Ville et ne nécessitait pas l'approbation par une loi; même en ce cas, les usines actuelles devraient, sur les périmètres des quatre secteurs à courant continu, assurer la fourniture de l'énergie électrique pendant plus d'un an après l'expiration des concessions.

Quant à la transition elle ne saurait être instantanée. Elle serait évidemment plus facile pendant la belle saison et pourrait demander 4 à 6 mois. La première combinaison comportant partout une nouvelle canalisation, cette dernière serait établie à côté de l'ancienne, ce qui est en général possible sans sortir des trottoirs. Il y aura seulement quelques difficultés dans un petit nombre de voies étroites où les deux canalisations ne pourraient être logées côte à côte sous trottoir.

Les abonnés auraient été avisés des mesures à prendre, de la date probable du changement, et auraient préparé à l'avance tout ce qui peut être préparé. Chaque branchement serait successivement reporté d'un réseau sur l'autre. Les nouvelles usines débiteraient de plus en plus, les anciennes de moins en moins.

Si le trouble est grand sur la voie publique, il est assez

faible dans l'exploitation. On aurait simplement pour cette période à prévoir la marche des anciennes usines avec un débit décroissant.

Seconde combinaison. — Avec la seconde combinaison, les choses se passeraient de même dans les régions à desservir en courant alternatif et l'on trouverait presque partout la place nécessaire pour loger les deux canalisations sous les trottoirs.

Dans les régions desservies en courant continu, la canalisation est conservée, il y aura moins de trouble sur la voie publique, mais beaucoup plus chez l'exploitant. L'abonné aura moins de modifications à faire, mais il sera moins bien garanti contre une interruption momentanée du service.

Supposons terminés l'usine centrale, les feeders primaires, les nouveaux feeders secondaires, les sous-stations à établir sur de nouveaux emplacements. Les sous-stations à construire à l'emplacement des stations ou sous-stations actuelles ne pourront être entièrement construites, la place des nouvelles machines étant occupée en tout ou partie par les anciennes machines encore en fonctionnement.

Là où le réseau est déjà à 5 fils, la transition est relativement simple. La baisse de consommation pendant l'été permet de mettre en cessation et d'enlever telle des anciennes machines. Une des nouvelles machines est installée à la place et fonctionne en parallèle avec les anciennes. Ainsi de suite jusqu'à transformation complète. Les abonnés ne s'apercevront pas du changement.

Là où le réseau est actuellement à 2 ou 3 fils, la chose peut être plus délicate. On aura posé à l'avance les fils nouveaux qui, avec les fils existants, doivent constituer les nouveaux feeders ainsi que les nouvelles artères principales à 5 fils. Une des nouvelles machines est prête à fonctionner. Par des coupures, on isole une partie du réseau. On procède aux jonctions nouvelles; chaque distributeur reste momentanément à 2 ou 3 fils, mais les fils sont connectés avec tel ou tel des 5 fils des artères principales, de façon que les abonnés soient répartis entre les quatre ponts. Le courant des nouvelles machines est lancé dans la partie correspondante du réseau. L'abonné n'a eu aucune modification à faire s'il est convenablement isolé pour la tension de 220 volts (le fil milieu du réseau étant à la terre); mais il sera difficile d'éviter pour chacun une interruption de quelques jours.

C'est seulement dans la suite, et à loisir, qu'on remaniera les distributeurs, et, s'il y a lieu, les branchements et colonnes montantes, qu'on déplacera les abonnés d'un pont sur un autre, qu'on répartira sur plusieurs ponts les grosses installations.

Troisième combinaison. — Avec la troisième combinaison la question se pose dans la même forme, mais avec une importance bien réduite, et seulement à propos des sous-stations pour courant continu et des régions, peu étendues, où l'on passerait du système à 2 ou 3 fils au système à 3 ou 5 fils. Une région serait épargnée, qui était fortement touchée dans la deuxième combinaison : la région qui est et restera desservie par Trudaine et le faubourg Montmartre, qui conserverait les 3 fils au lieu de passer des 3 fils au 5 fils.

Quatrième combinaison. — Avec la quatrième combinaison la question ne se pose plus.

Insuffisance momentanée de la puissance. — Avec les première et deuxième combinaisons une difficulté spéciale est à prévoir. Les demandes sont toujours croissantes et le seront encore plus à l'avenir, avant que le nouveau régime ne fonctionne. Développer les moyens de production et de distribution suivant un système condamné d'avance à disparaître serait une bien malheureuse opération; et le temps même pourrait faire défaut. Les difficultés seraient encore augmentées si avant l'inauguration du régime futur une baisse de prix venait donner une nouvelle impulsion aux demandes.

Avec les deux dernières combinaisons la difficulté existe encore, mais bien amoindrie.

Comparaison. — Les difficultés du début sont incomparablement moindres avec les deux dernières combinaisons.

Si l'on compare entre elles les deux premières on trouve que la seconde offre : Beaucoup moins de tranchées dans les trottoirs au centre de Paris. Moins de modifications chez les abonnés. Plus de troubles dans l'exploitation. Plus de chances d'interruption pour une partie des abonnés.

Entre les deux on peut hésiter, toutefois la seconde nous paraît préférable.

PRIX DE REVIENT. — Dépenses de premier établissement.

— Les dépenses de premier établissement s'élèveraient au total à environ 1500^{fr} par kilowatt de puissance à l'usine. Pour intérêt à 3½ 0/0 et amortissement en vingt ans soit 7 0/0 au total, on obtient une charge d'environ 100^{fr} par kilowatt et par an.

Si la consommation de Paris croît en intensité mais garde toujours la même allure, il faut compter 1200 kilowatts-heure vendus par an et par kilowatt du maximum débité dans l'année, soit 1000 kilowatts-heure vendus par an et par kilowatt de puissance installée aux usines. Les charges de capitaux par kilowatt-heure vendu seraient donc de 0^{fr},10.

Exploitation. — Au sujet des dépenses d'exploitation et d'entretien les statistiques donnent des résultats bien disparates; pour en tirer parti il faudrait connaître en détail le mode de fonctionnement de chaque exploitation et sa façon d'établir les comptes. Citons comme minimum le coût de 0^{fr},075 accusé par de grandes exploitations comme Berlin qui alimentent en même temps un réseau de tramways; dans d'autres villes où cet avantage n'existe pas, Hanovre et Leipzig, nous trouvons 0^{fr},15 et 0^{fr},11. A Paris la main-d'œuvre est plus chère, la plus grande distance de transport entre les génératrices et les consommateurs augmente les pertes et diverses dépenses accessoires, fonctionnement des sous-stations, surveillance et entretien des canalisations. Par contre l'importance exceptionnelle des usines et le fait d'être construites suivant les derniers progrès sont des causes d'économie.

A défaut de moyen plus précis, et quelques réserves qu'il y ait à faire sur la légitimité du procédé, nous nous baserons sur le Secteur des Halles.

Le total des dépenses d'exploitation et entretien est d'environ 0^{fr},40 par kilowatt-heure vendu. Ce chiffre comprend les dépenses d'ordre, personnel, fourniture d'eau, administration centrale, etc. Il ne comprend pas diverses dépenses que nous avons dû faire figurer dans nos comptes rendus, mais qui ne doivent plus figurer ici : loyer du local occupé, droits d'octroi sur le charbon, redevances municipales imposées pour ordre et égales à celles qu'auraient payées les secteurs.

La consommation de charbon y est de 3^{fr},5 par kilowatt-heure sortant de l'usine. On doit compter dans les nouvelles usines la réduire à 1^{fr},5. Certains constructeurs annoncent encore des chiffres plus réduits et descendent jusqu'à 0^{fr},8. On a pu y arriver dans des essais faits avec un personnel de choix particulièrement attentif et particulièrement surveillé. Quand on passe à la pratique avec un régime aussi variable que celui d'une distribution électrique il faut compter beaucoup plus.

L'entretien des chaudières, le personnel de la chauffe donneraient une dépense réduite dans la même proportion que la consommation de combustible. Si le chargement mécanique donne une économie, il faut tenir compte que l'horaire spécial des Halles, meilleur que l'horaire général de Paris, assure une meilleure utilisation du personnel.

Les dépenses pour graissage, personnel de l'usine autre que celui de la chauffe, etc., varieraient presque dans le

rapport inverse de la puissance des unités employées, c'est-à-dire de 100 à 1; en pratique admettons que ce soit de 100 à 2 en tenant compte de la meilleure utilisation du personnel permise par l'horaire des Halles.

La dépense d'entretien des machines doit varier à peu près comme le coût de ces machines par kilowatt de puissance. Ce rapport en l'espèce ne serait pas éloigné de celui des consommations de combustible.

La dépense hors de l'usine, entretien de la canalisation, surveillance chez les abonnés, relevé des compteurs, établissement et recouvrement des quittances, ne varierait pas beaucoup. L'entretien d'un réseau moins concentré que celui des Halles serait de ce chef plus coûteux, mais l'importance plus grande de l'exploitation amènerait aussi des économies.

Il faudrait enfin ajouter l'augmentation de la perte dans le réseau et les sous-stations et le personnel de ces sous-stations.

Tout compte fait, quelque défaut de précision que comporte le procédé, et vu la difficulté de trouver un mode de calcul plus précis, nous prenons les dépenses du Secteur des Halles et les réduisons en bloc dans le rapport des consommations de combustible, ce qui donne

$$40 \times \frac{1,5}{3,5} = 17 \text{ centimes.}$$

Prix de revient total. — Le prix de revient moyen, avec une vente de 1000 kilowatts-heure par an et par kilowatt de puissance à l'usine, serait donc

Capitaux.....	Fr. $\frac{100}{1000} =$	0 ^{fr} ,10
Exploitation.....		0 ^{fr} ,17
TOTAL.....		0 ^{fr} ,27

Pour parer à l'imprévu, et pouvoir accorder quelques réductions dont nous justifierons plus loin l'opportunité, le prix de base moyen devrait être de 0^{fr},35.

A ce prix viendrait s'ajouter le montant des redevances municipales qu'on jugerait à propos d'imposer.

Effet d'un changement dans l'allure de la consommation. — Nous insistons sur ce qu'il ne s'agit ici que de moyennes. Ces chiffres seraient modifiés, aussi bien du chef des dépenses d'exploitation que du chef des charges de capitaux, si l'horaire était modifié, si la force motrice se développait plus que l'éclairage, si l'alimentation des entreprises de traction venait se lier à la distribution générale. Mais ces sortes d'éventualités n'auraient pas une très grande influence sur les tarifs. Si les électriciens diffèrent d'opinion sur la forme à donner au tarif, certains points sont hors de discussion; par des moyens divers on en arrive toujours en gros à un tarif fort pour l'éclairage, la consommation dite de nuit, etc.; un tarif faible pour la force motrice, la consommation de jour, etc.; un tarif très faible pour les entreprises de traction.

Si l'horaire augmente, le prix de revient moyen diminue; le prix moyen de vente doit diminuer parallèlement. Mais l'augmentation de l'horaire se produira par une augmentation relative des consommations à faible ou à très faible tarif. Les prix de vente fort, faible et très faible restant les mêmes, une variation dans la proportion relative des quantités auxquelles chacun s'applique amènera automatiquement une baisse du prix moyen de vente sensiblement égale à celle que permettrait l'abaissement du prix de revient.

Sans méconnaître les baisses de tarifs que de semblables éventualités pourraient permettre, on peut, au début, baser les tarifs sur les prévisions que nous venons de faire.

TARIFS. — Conditions à réaliser. — Sur la question des tarifs bien des opinions ont été émises. Nous avons nous-même fait connaître notre manière de voir dans une Étude

(Journal *L'Éclairage électrique*, 6 décembre 1902) à laquelle nous renvoyons pour plus de détails.

En ce qui concerne les situations analogues à celles de Paris, les praticiens sont d'accord sur certains points :

Il serait absurde et ruineux de faire payer tous les kilowatts-heure au même prix.

Tout kilowatt-heure consommé au moment où la charge est voisine de son maximum *annuel* nécessite une augmentation correspondante de la puissance des installations et de toutes les dépenses qui s'ensuivent.

Tout kilowatt-heure consommé au moment où la charge est voisine du maximum *journalier* nécessite une augmentation correspondante de certaines des dépenses d'exploitation : maintien des machines en état de fonctionnement immédiat, mise des chaudières en pression, personnel présent à l'usine, etc.

Lorsqu'on veut tirer la conséquence rigoureuse de ces principes on arrive à une complication extrême ; mais, pratiquement, on arrive au desideratum suivant : faire payer un prix fort pour l'énergie consommée depuis la tombée de la nuit (7^h à 9^h, suivant les saisons) jusqu'à 9^h ou 10^h du soir ; faire payer un prix faible pour l'énergie consommée à tout autre moment.

A ces conditions primordiales s'ajoutent les suivantes :

Le tarif doit être facilement compréhensible.

Les fraudes de la part de l'abonné ou du producteur doivent être rendues très difficiles.

Les contrôles à faire par l'abonné ou le producteur doivent être faciles sans présenter le caractère d'une inquisition.

Les intérêts de l'abonné et du producteur doivent être parallèles. L'abonné ne doit avoir aucun motif pour ne pas faire telles installations qui peuvent lui être commodes et être une source de profits pour le producteur. L'abonné doit être poussé par le bas prix à augmenter sa consommation aux moments où le producteur peut, sans perte, la lui procurer à meilleur marché.

Telles catégories d'abonnés qui ne pourraient supporter les tarifs généraux devront se voir appliquer des tarifs plus bas, si malgré l'abaissement cette clientèle supplémentaire apporte une augmentation de recettes nettes et permet ainsi l'abaissement de prix, même pour les autres consommateurs. Cela est d'autant plus vrai que les prix de vente moyens dépasseraient davantage le prix de revient et comprendraient pour une plus large part des redevances municipales.

On devrait faire des tarifs encore plus bas à certains abonnés qui rentreraient dans la catégorie précédente et qui, en outre, par leur nature même et indépendamment des heures de consommation, coûteraient moins cher à desservir, par exemple : Un gros consommateur coûte proportionnellement moins de dépense pour surveillance, relevés de compteurs, établissement et recouvrement de quittances. Un abonné sur le réseau primaire évite diverses dépenses de canalisation secondaire, perte en ligne dans le réseau secondaire et dans les sous-stations, exploitation des sous-stations.

Ces faits sont spécialement importants pour les entreprises de traction.

Liberté ou réglementation. — Avant d'établir un système de tarifs une première question se pose. Ces tarifs constitueraient-ils une règle absolue pour l'exploitant, ou seraient-ils simplement des maxima en dessous desquels il pourrait se mouvoir ? Avec une règle la réglementation absolue est de rigueur. Avec une société privée elle ne s'impose pas nécessairement.

La réglementation absolue prévaut en Allemagne, en Angleterre et gouverne également la vente du gaz à Paris. La liberté avec maxima se rencontre le plus souvent en France en matière d'électricité, et notamment les six secteurs parisiens vivent sous ce régime.

Avec une réglementation absolue, il faut des tarifs relativement complexes pour satisfaire d'assez près aux conditions indiquées ; l'application peut, néanmoins, rester assez simple pour une police donnée. Avec des maxima les tarifs peuvent être plus simples ; la liberté laissée à l'exploitant lui permettra de se plier aux circonstances.

Personnellement nous préférons la réglementation absolue qui coupe court à toute réclamation et à tout soupçon.

Exemples de tarifs : Tarif basé sur l'emploi qui est fait de l'électricité. — Un prix fort pour l'éclairage, un prix faible pour la force motrice, le chauffage, etc.

Il faut deux compteurs. — Il faut un contrôle chez l'abonné pour s'assurer qu'après le compteur de force motrice les circuits n'alimentent pas de lampes. — Un usinier qui arrête ses moteurs à l'heure de l'allumage général paiera autant qu'un autre qui ne prend pas cette mesure et qui, par suite, coûtera davantage au producteur. — Le café qui s'éclairait jusqu'à minuit paiera autant que le bureau qui éteint à 7^h du soir, ce qui est injuste. — Un abonné qui a à éclairer des sous-sols pendant de longues heures paiera trop cher et pourra être ainsi amené à abandonner l'électricité, à son détriment et au détriment du producteur.

Tarif basé sur la nature de l'abonné. — Suivant l'allure et l'importance présumée de la consommation, on fixe divers tarifs, uniformes pour chaque catégorie, variables d'une catégorie à l'autre : cafés, magasins, bureaux, théâtres, usines (suivant l'importance), habitations privées.

La classification dans telle ou telle catégorie peut souvent être incertaine, et les prévisions peuvent se trouver erronées.

Tarif variable avec la durée d'utilisation moyenne de la puissance installée chez l'abonné. — Ce système est appliqué sur le Secteur Municipal des Halles.

Il faut des vérifications très fréquentes de la puissance installée, rien n'étant plus facile que d'ajouter quelques fils et quelques lampes, de remplacer des lampes de 5 bougies par des lampes de 10 ou 16 bougies ; on n'évite la fraude que par un contrôle coûteux et vexatoire. — L'abonné sera amené à supprimer toutes les lampes qui n'auraient pas une grande durée de fonctionnement ; cela à son détriment et au détriment du producteur. — Des bureaux de 500 lampes fonctionnant en plein mais seulement jusqu'à 7^h du soir seront des clients très coûteux. Dix particuliers ayant chacun 50 lampes en allument chacun 5 jusqu'à 11^h du soir ; en outre, tantôt l'un, tantôt l'autre, allume en plein pour une réception, soit au total 100 lampes allumées jusqu'à 11^h du soir. Les particuliers seront de bien meilleurs clients, moins coûteux à desservir que les bureaux, et cependant paieront plus cher.

Tarif de Brighton. — Le prix dépend de l'horaire d'utilisation de la puissance maxima absorbée, par exemple chaque mois.

Ici il n'y a plus à faire aucun contrôle en dehors du compteur et de l'indicateur de maxima qui est à côté ; inutile de pénétrer plus loin chez l'abonné. Plus d'obstacle à l'installation des lampes à horaire restreint. Par contre, si un particulier allume en grand une fois par mois pour une réception, ce seul fait pourra quintupler la puissance maxima du mois et augmenter la facture d'une façon inadmissible ; on n'y obvie que par une mise hors circuit de l'indicateur de maxima, mesure forcément arbitraire. D'autre part, dans nombre de cas, par exemple dans le cas des bureaux et des particuliers examinés plus haut, à des dépenses moins fortes pour le producteur peuvent correspondre des factures plus fortes pour le consommateur.

Objections communes à tous ces tarifs. — D'une façon générale tous les tarifs énumérés donnent lieu à une objection commune :

L'abonné n'a pas intérêt à consommer à un moment plutôt qu'à un autre, cette circonstance n'influant pas sur le

montant de la facture, et les tarifs étant basés sur une allure présumée de la consommation. Abonné et producteur restent privés des avantages que tous deux pourraient tirer d'une modification à cette allure. — Un consommateur de force motrice n'aura pas intérêt à arrêter ses moteurs à la tombée de la nuit; avec certains tarifs il aura même intérêt à ne pas le faire; cependant cette mesure permettrait souvent au producteur de consentir une baisse de prix qui compenserait et au delà la gêne causée à l'abonné. — Un propriétaire qui éclaire les escaliers jusqu'à 10^h du soir, hésite à prolonger l'éclairage jusqu'à minuit, ou jusqu'au jour; avec un tarif moyen il ne le fera pas: il le fera avec un tarif réduit pour la fin de la nuit, et le producteur y gagnera. — Nombre d'exemples analogues seraient à citer.

Tarifs proposés. — Toutes ces objections nous paraissent levées par l'emploi du double tarif, tarif fort depuis une heure voisine de la tombée de la nuit (variable, par exemple, de mois en mois) jusqu'à 9^h ou 10^h du soir; tarif faible aux autres heures. Peut-être le tarif fort pourrait-il varier du semestre d'été au semestre d'hiver.

Les compteurs à double tarif devraient indiquer séparément les quantités d'énergie consommée dans les deux cas pour que l'abonné se rende facilement compte que les mesures sont exactes. Un signe bien apparent devrait indiquer à chaque instant à l'abonné si le compteur fonctionne sur le tarif fort ou sur le tarif faible. Ces conditions sont remplies, non par tous les systèmes de compteurs à double tarif, mais par bon nombre d'entre eux dont le fonctionnement est satisfaisant.

Contre le compteur à double tarif on a objecté le prix de l'appareil, les complications pour l'exploitant, la difficulté de faire comprendre le système à l'abonné.

Remarquons tout d'abord que le petit abonné, ne consommant que pour éclairer son habitation, ne consomme presque rien aux heures de faible tarif; il aura avantage à tout payer au tarif fort et à économiser le supplément de dépense d'un double compteur. Au gros consommateur, à l'industriel, au petit artisan qui aura un moteur dans son habitation, on peut légitimement imposer une légère complication et un petit effort de compréhension en échange de tarifs plus bas. Le tarif des Halles, le tarif de Brighton fréquemment appliqué, ne sont pas plus faciles à comprendre.

Avec ce dernier, la complication des appareils est presque aussi grande. De même avec les deux tarifs, pour force et pour lumière, et qui exigent deux compteurs.

En ce qui concerne l'exploitant, l'agent qui vient chaque mois lire le compteur peut sans grande perte de temps modifier l'heure du changement de tarif.

Le système que nous indiquons ne peut invoquer en sa faveur une bien longue et bien vaste expérience. Nous pouvons pourtant citer les villes d'Elberfeld et de Cologne, où il est appliqué depuis 1902 et 1903 et donne satisfaction.

Mise en pratique du système. — D'après l'allure actuelle des courbes de consommation à Paris, les quantités d'énergie consommée pendant les heures de haut et de bas tarif seraient à peu près égales. La moyenne arithmétique des deux tarifs devrait donc être de 0^r,35, non compris les majorations pour redevances municipales. Les charges de capitaux seraient attribuées pour la plus grande part aux consommations à tarif fort, les dépenses d'exploitation seraient à répartir dans une proportion un peu inégale entre les deux. On arrive sensiblement au résultat voulu avec les deux prix de base de 0^r,50 et 0^r,20.

Pour tenir compte des conditions accessoires, et notamment pour conserver des clients qui échapperaient sans cela, on ferait des rabais suivant la quantité consommée. Les prix de base seraient appliqués jusqu'à 1 000 kilowatts-heure par an. Les kilowatts-heure suivants, de 1 000 à 2 500, de 2 500 à 6 000, de 6 000 à 15 000, de 15 000 à 40 000, au-dessus

de 40 000, bénéficieraient d'une réduction de 10, 20, 30, 40, 50 pour 100.

Tel est à peu près le tarif de Cologne.

Sur ces prix viendra se greffer la redevance municipale. Nous n'avons pas à préciser ici sous quelle forme elle serait appliquée. Mais elle devrait vraisemblablement frapper plus fort l'éclairage que la force, c'est-à-dire les consommations à fort tarif que les consommations à faible tarif. Si la moyenne doit être voisine de 25 pour 100, comme c'est le cas pour le gaz, la redevance pourrait être de 12 pour 100 sur les consommations à faible tarif et de 33 pour 100 sur les autres, ce qui donnerait en nombre rond pour les prix de bases 0^r,23 et 0^r,70. Sur ces prix joueraient les rabais indiqués plus haut.

Les abonnés branchés sur les canalisations triphasées primaires pourraient jouir d'un rabais de 15 pour 100. Les abonnés branchés sur le réseau secondaire continu, mais sur 220 volts au lieu de 110, bénéficieraient d'un rabais de 5 pour 100; de même les abonnés branchés sur le réseau triphasé secondaire qui, par l'emploi exclusif de moteurs triphasés, ou par tout autre moyen, assureraient à tout moment l'égalité de débit sur les trois phases.

Enfin, sans entrer ici dans le détail, quelques dispositions spéciales devraient viser les abonnés à puissante installation mais à consommation irrégulière et en moyenne assez faible, pouvant être un élément de trouble pour l'exploitation. Par exemple un industriel ou gros commerçant possédant sa propre usine d'électricité de 100 ou 200 kilowatts de puissance et se réservant de recourir à la distribution générale en cas d'avarie à son usine.

La fourniture de courant pour les entreprises de traction constituerait un petit nombre de cas très importants méritant d'être traités à part.

CONCLUSIONS. — Les deux premières combinaisons permettent d'arriver, soit aux deux tarifs de 0^r,23 et 0^r,70 suivant l'heure, avec rabais allant jusqu'à 50 pour 100 pour les consommations en plus de 40 000 kilowatts-heure par an, soit à tout autre système équivalent; ces chiffres comprenant une redevance municipale *moyenne* de 25 pour 100.

Avec l'une ou l'autre des deux premières combinaisons, on devra prendre des mesures spéciales: 1° pour que les usines actuelles continuent à fournir jusqu'au printemps de 1909; 2° pour que les mêmes usines fonctionnent parallèlement avec les nouvelles installations pendant la période de transition, vraisemblablement le printemps et l'été 1909; 3° pour obvier dans la mesure du possible au défaut de puissance qui ne manquera pas de se produire d'ici au printemps 1909.

Pour parer à toutes ces difficultés il pourra y avoir à faire au début quelques dépenses exceptionnelles qui se traduiraient par une légère majoration (au plus 10 pour 100) sur les tarifs précédents.

Les deux dernières combinaisons, et toutes autres qui seraient présentées, ne devraient être prises en considération que si elles garantissaient les tarifs indiqués au début de ce Chapitre. Une majoration de 10 pour 100 pourrait être admise en faveur des combinaisons qui résoudraient les difficultés relatives à la période d'attente.

Entre les deux premières combinaisons, bien que l'hésitation soit permise, la seconde nous paraît préférable.

Note de M. Sabouret. — M. Sabouret, membre de la Commission technique, fournit divers renseignements sur les prix de revient, après transformation, de l'énergie électrique produite à l'usine des Moulineaux; ces renseignements, basés sur les résultats d'exploitation d'octobre 1904, sont résumés dans le Tableau ci-joint.

CIRCUIT PRIMAIRE : Courants triphasés, 5000 volts, 25 cycles, distribués par câbles armés.
 Prix du kilowatt-heure à l'entrée des sous-stations (amortissement non compris) : 0^{fr},0554.

EMPLACEMENT des sous-stations.	CONSISTANCE DES INSTALLATIONS.	KW-H mesures à la sous-station après transformation.	REN- DEMENT de la transformation.	DÉPENSE DE TRANSFORMATION par kilowatt-heure.				PRIX DE REVIENT du kilowatt-heure à la sortie de la sous-station.	
				Perte d'énergie.	Matières.	Main- d'œuvre.	Totale.	sans frais généraux.	avec frais généraux.
I. — Distribution secondaire par courant alternatif.									
Grenelle-Javel ⁽¹⁾ .	Distributions à 3 fils, 100 volts entre 2 fils, incandescence; 12 arcs à 2 crayons. Transformateur statique triphasé de 18 kilowatts.	1810	0,88	cent. 0,76	cent. 1,35	cent. 1,35	cent. 2,11	cent. 7,7	cent. 8,5
II. — Distribution secondaire par courant continu.									
Neuilly Porte-Maillot ⁽²⁾ .	110 volts, 1 pont. Incandescence et arcs. 1 moteur-générateur asynchrone avec abaissement de la tension du primaire à 100 volts. Puissance 12 kilowatts.	3640	0,78	1,57	0,40	3,60	5,57	11,1	12,3
Saint-Lazare ⁽³⁾ (Commencement d'installation).	110 volts, 1 pont. Incandescence, arcs, moteurs. 2 moteurs-générateurs asynchrones de 60 kilowatts avec abaissement de la tension du primaire à 200 volts. Puissance totale 120 kilowatts.	32190	0,78	1,57	0,70	3	5,27	10,8	12
Pont-Cardinet Batignolles ⁽⁴⁾ .	440 volts, 2 ponts. Incandescence, arcs, moteurs. 2 moteurs-générateurs asynchrones de 300 kilowatts et 600 kilowatts sans abaissement de la tension du primaire. Ensemble 900 kilowatts. Accumulateurs Tudor; décharge en 1 heure, 600 ampères.	69140	0,76	1,75	0,80	1,30	3,85	9,4	10,6
Champ-de-Mars Meudon Viroflay ⁽⁵⁾ (3 sous-stations de traction).	550 volts, distribués par troisième rail entre les Invalides et Versailles (17 ^{km}). Dans chaque sous-station, 4 commutatrices de 300 kilowatts et un petit groupe de démarrage. Pour les trois sous-stations : 3600 kilowatts.	212600	0,62	3,40	0,09	1,30	4,79	10,3	11,4
(1) Le transformateur est mis hors circuit pendant le jour par un agent de passage. Les arcs sur courant monophasé à 25 périodes ont un mauvais rendement.									
(2) Cinq sous-stations analogues à celle de Neuilly sont surveillées par une équipe de trois agents de jour et de deux agents de nuit; les trois agents de jour font le crayonnage des lampes.									
(3) La sous-station Saint-Lazare n'alimente actuellement que l'hôtel Terminus; elle va être beaucoup augmentée et pourvue d'accumulateurs pour alimenter toute la partie frontale de la gare Saint-Lazare.									
(4) La sous-station de Pont-Cardinet alimente les gares, dépôts et ateliers de Batignolles et de Levallois. Pendant le jour elle débite environ 150 kilowatts pour le service moteur des ateliers et les appareils de manutention des gares; la nuit le débit atteint 550 kilowatts.									
(5) Le faible rendement de ces sous-stations de traction s'explique par les très grandes variations du débit absorbé par les trains.									

Note de M. Blondel. — Dans cette Note, en date du 12 décembre 1904, M. Blondel, membre de la Commission technique, discute divers points de l'étude de M. Lauriol et propose une cinquième combinaison.

Utilisation future des canalisations existantes. — La conservation des systèmes de distribution existants ne peut avoir de sens que si ces canalisations peuvent être utilisées

encore pendant de longues années. Or, il paraît que certaines canalisations en caniveaux sont en assez médiocre état, surtout depuis les bouleversements occasionnés par le Métropolitain. D'autre part, les Secteurs employant des caniveaux sont surchargés au point de ne plus vouloir accepter d'abonnés nouveaux. Enfin, en ce qui concerne les canalisations existantes en câbles armés, on est mal fixé sur leur

valeur, car on ne connaît guère la durée de vie probable d'un câble armé souterrain. Il serait donc délicat, pense M. Blondel, d'échafauder des projets d'utilisation totale ou partielle de l'état de chose actuel avant d'avoir approfondi de très près la valeur des canalisations existantes.

Comparaison du prix de revient actuel de l'énergie avec le prix réalisable. — Par suite de l'ancienneté du matériel, de la faiblesse des unités et des pertes dans la distribution, les dépenses de production du kilowatt-heure vendu sont de 0^r,20 à 0^r,30 dans les usines actuelles. En adoptant 0^r,25 pour le prix de revient actuel et 0^r,125 pour le prix futur, l'économie réalisée correspondrait à peu près à la charge d'intérêt et d'amortissement (en 20 ans) du nouveau capital (100 millions) pour une marche de 1000 heures par an. Une installation neuve lutterait donc à prix égal contre les installations actuelles en supposant le capital de celles-ci amorti et, *a fortiori*, en supposant que l'amortissement soit incomplet et doive continuer. Il y aurait donc intérêt à obtenir des chiffres sûrs sur les prix de revient actuels et futurs : de leur comparaison dépend la solution préférable, au moins théoriquement, au point de vue des intérêts de la Ville seule.

Branchements et colonnes montantes. — Les Secteurs possèdent les branchements d'abonnés et beaucoup de colonnes montantes ; la Ville sera forcée de les racheter ou de créer à ses frais des installations équivalentes, car à Grenoble, où la Ville n'a pas voulu entreprendre ces installations à son compte, les canalisations restent peu productives par suite de l'inertie complète des propriétaires et locataires. D'un autre côté il convient de remarquer que la méthode actuelle des Secteurs, qui louent indéfiniment, sans accorder d'amortissement aux abonnés, les branchements, colonnes montantes et compteurs, constitue pour eux une source de revenus importants et un procédé plus ou moins légitime pour majorer le prix réel de l'énergie vendue dans une proportion souvent très forte ; en cas de concessions nouvelles, cette méthode devrait être modifiée par le cahier des charges.

Cinquième combinaison. — Cette combinaison consisterait à effectuer la distribution dans les régions périphériques par courants triphasés et la région centrale par courant continu à 3 ou 5 fils et aussi, pour les abonnés nouveaux et quelques-uns des anciens, par courants triphasés. Cette combinaison, qui pourrait conduire sans heurt à la première combinaison de M. Lauriol, aurait l'avantage d'utiliser entièrement les canalisations existantes, en diminuant leur charge excessive actuelle et en ne les développant pas davantage : on les spécialiserait pour les usages exigeant le courant continu (éclairage par arcs, moteurs déjà installés, charge des automobiles, etc.). Le réseau triphasé employé concurremment serait à 25 périodes, ce qui permettrait d'utiliser ce même réseau pour les sous-stations de commutatrices et d'alimenter éventuellement des tramways et le Métropolitain. (A ce point de vue les prix d'établissement prévus par M. Lauriol ne font peut-être pas assez ressortir le surcroît de dépenses des stations à commutatrices rotatives par rapport aux stations à transformateurs statiques : le prix du terrain doit être probablement majoré davantage pour le cas des commutatrices et il faudrait augmenter de 7 à 8 pour 100 la puissance du matériel de l'usine génératrice pour tenir compte de la perte de rendement occasionnée par les commutatrices.)

Conséquences importantes du choix de la fréquence. — Toute solution en courant triphasé seul, sans courant continu, rendrait difficile le choix d'une fréquence unique, car 25 périodes seraient insuffisantes pour les arcs et 50 périodes seraient moins avantageuses pour les commutatrices et excluraient la possibilité de recueillir plus tard la clientèle des tramways, si favorable à une utilisation meilleure du maté-

riel (à Berlin, le tiers de la puissance est utilisé pour la force motrice et 45 pour 100 pour les tramways, et la durée d'utilisation du matériel de l'usine dépasse 2000 heures). Aussi l'usine triphasée à construire dans cette cinquième combinaison ne devrait-elle pas, même si l'on conserve quelques usines actuelles, être d'une puissance inférieure à 50000 kilowatts à installer progressivement. Dans le cas de deux usines, l'une d'elles pourrait se confondre avec la grande usine du Métropolitain de Saint-Ouen ; l'autre serait établie, par exemple, à Ivry ; elles seraient connectées entre elles.

Exploitation par courants diphasés des réseaux monophasés actuels. — Cette cinquième combinaison permettrait l'utilisation des Secteurs à courants alternatifs actuels.

On pourrait opérer comme il suit : admettre l'emploi de courants diphasés à 25 périodes, à 3000 volts au primaire, obtenus en transformant le courant triphasé à 10 000 volts au moyen de transformateurs Scott. L'une des lignes diphasées serait formée par le système de canalisation existant et l'autre par de nouveaux câbles semblables. En bien des points, le réseau monophasé actuel pourrait peut-être être simplement subdivisé par quartiers en feeders équivalents en charge, qu'on partagerait équitablement entre les deux phases. On ne canaliserait alors en diphasé que les rues où se présenteraient des demandes de force motrice importantes. On répartirait la charge de l'éclairage à peu près également sur les deux phases, et celles-ci permettraient de faire fonctionner des moteurs asynchrones ; seules les lampes à arc exigeraient une canalisation spéciale, qui pourrait être alimentée par du courant à 50 périodes ou par du courant continu produit dans quelques sous-stations. Ou bien on remplacerait simplement les lampes à arc existantes, peu nombreuses, par d'autres spéciales à deux paires de charbon parallèles, fonctionnant respectivement sur les deux phases et donnant ainsi un éclairage suffisamment uniforme comparable à celui d'une lampe monophasée à la fréquence 50. Dans la suite, on remplacerait progressivement les transformateurs individuels par des sous-stations de transformateurs, avec réseaux de distribution secondaires.

Les variantes sont possibles. Par exemple on pourrait actionner le matériel générateur existant par des moteurs triphasés et ajouter seulement quelques groupes générateurs diphasés actionnés de même, alimentant en seconde phase seulement un réseau de conducteurs plus faibles pour moteurs, et ayant les conducteurs de la première phase communs avec ceux de lumière. La fréquence 50 serait employée et le matériel générateur serait conservé avec chances d'utiliser les machines à vapeur comme réserve. Mais l'exploitation serait plus onéreuse que dans la précédente hypothèse de l'utilisation directe du courant à 25 périodes.

De même, si l'on admet une usine spéciale pour la Rive gauche, distincte de celle de la Rive droite, on pourrait retenir dans celle-là la fréquence 50, mais lui faire produire des courants diphasés en tout ou partie et l'utiliser aussi pour la distribution dans le Secteur actuel des Champs-Élysées. On aurait alors deux grandes usines indépendantes, mais ne pouvant s'aider mutuellement et cette solution paraît à ce point de vue moins bonne que celle développée plus haut, dans laquelle les usines peuvent se suppléer éventuellement l'une l'autre et servir pour la traction.

On pourrait d'ailleurs se servir des câbles diphasés à 25 périodes eux-mêmes pour distribuer du courant alternatif monophasé à 50 périodes en recourant à la méthode de Bedell ; les méthodes d'Arnold-Bragstadt-La Cour pourraient être utilisées de même avec les câbles triphasés dans les quartiers du centre pour fournir aux arcs du courant monophasé à 50 périodes.

Courants triphasés à 25 périodes dans les quartiers centraux. — Au sujet de l'emploi du courant alternatif, il ne semble pas qu'on puisse le critiquer, même dans les quar-

tiers centraux, si l'on recourt à des sous-stations établies dans des locaux souterrains, avec toutes les précautions désirables et avec un électricien pour mettre les transformateurs en service aux heures voulues. Le réglage de la tension sur les distributeurs secondaires peut se faire à l'aide de survolteurs à bobinage subdivisé ou de survolteurs statiques à induction.

Les câbles triphasés ne sont pas plus encombrants que des câbles à courant continu; ils peuvent être tressés en fils vernis ou oxydés pour réduire toute répartition inégale du courant dans la section (skin effect). La fréquence 25 réduit du reste beaucoup tous les effets gênants de self-induction et de capacité qu'on reproche aux courants alternatifs.

Choix de la tension des courants continus distribués. — Il faut prendre 110 volts, qui conviennent le mieux à l'éclairage (au contraire 220 volts seraient admissibles en alternatifs).

Conclusions. — Cette cinquième combinaison, qui tient à la fois des combinaisons 1 et 2 de M. Lauriol, consisterait donc à conserver les canalisations existantes des Secteurs, en les alimentant de préférence par des sous-stations commutatrices, mais en établissant en même temps dans toute la capitale un grand réseau triphasé (primaire à 10 000 volts, secondaire à 120-210 volts), alimenté par une ou deux grandes usines modernes à turbines, servant en même temps, s'il est possible, à l'alimentation au moins partielle des entreprises de traction électrique.

Rapport de la Commission technique, par R.-V. PICOT. — Dans ce Rapport la Commission a cherché à définir les conditions qui sont imposées, d'une part, par la recherche du maximum d'économie dans l'installation et l'exploitation, d'autre part, par la sécurité du fonctionnement; enfin par les légitimes exigences des consommateurs. Dans cette recherche elle a tenu compte le moins possible de l'état de choses actuel, c'est-à-dire de l'existence des secteurs; toutefois elle a pensé que ce serait risquer d'augmenter les dépenses sans grand profit et mécontenter les consommateurs actuels en ne tenant aucun compte de cette existence.

I. PRODUCTION. USINES CENTRALES. — Nombre des usines. — Si la concentration de la production dans une usine unique présente des avantages économiques, sa subdivision en plusieurs usines limite les inconvénients résultant d'accidents graves, d'incendie, et diminue la longueur moyenne des feeders d'alimentation. D'ailleurs, la puissance de l'usine unique ne tarderait pas à atteindre 80 000 kilowatts et devrait dès lors comprendre de 12 à 14 unités, en supposant des unités de 7 000 kilowatts; or l'expérience a montré que la réunion de plus de 6 à 7 unités de cette puissance entraîne des complications qui conduisent en définitive à subdiviser le service de l'usine. Aussi la Commission estime-t-elle qu'il est préférable de réaliser nettement la division de la production entre trois (ce nombre paraissant le mieux approprié) grandes usines en établissant chacune d'elles dans les conditions les plus favorables et en y installant une réserve de matériel suffisante pour parer à un accident qui immobiliserait l'une d'elles.

Nature de l'agent moteur. — Malgré leur bon rendement les moteurs à gaz ont encore aujourd'hui une puissance individuelle trop faible pour que leur emploi soit conseillé; en outre, ils manquent de régularité et se prêtent mal à des variations étendues de la puissance. Des moteurs à vapeur à pistons d'une puissance de 5 000 à 7 000 kilowatts, quoique certainement réalisables, n'ont pas encore été construits et auraient l'inconvénient d'exiger de nombreux cylindres, de telle sorte que l'unité serait réellement constituée par le groupement sur un même arbre de plusieurs machines élémentaires. Les turbines à vapeur sont de beaucoup préférables; l'unité de 5 000 kilowatts est « à l'heure présente » la seule qu'on puisse conseiller.

Emplacement. — Les turbines imposant d'une manière absolue l'emploi de la condensation avec très haut degré de vide, la question de l'approvisionnement en eau prime celle de l'approvisionnement en combustible. Les réfrigérants d'eau ne sont pas à conseiller comme étant encombrants, coûteux d'installation et d'entretien, et aussi coûteux d'exploitation par suite de la nécessité d'élever l'eau à refroidir; de plus, leur efficacité dépend des conditions hygrométriques de l'atmosphère. Pour ces motifs c'est le voisinage immédiat de la Seine qui paraît seul remplir les conditions nécessaires, les canaux Saint-Denis ou Saint-Martin étant d'un débit insuffisant et sujets à chômages.

Nature du courant primaire. — La forme *alternative polyphasée* doit être conseillée sans aucune hésitation; la forme *triphasee* peut être adoptée, uniquement parce qu'elle est la plus usitée, car les courants alternatifs, qu'ils soient simples, diphasés ou triphasés, nécessitent exactement la même quantité de cuivre pour le même transport d'énergie sous une même tension étoilée; malgré toutes affirmations contraires qu'on ait pu faire. La tension à choisir dépendra de la distance moyenne des points d'utilisation; elle semble devoir être voisine de la valeur 8000 à 12000 volts entre conducteurs qui est assez modérée pour ne pas exiger de transformateurs élévateurs. Quant à la fréquence, elle est discutée plus loin.

II. DISTRIBUTION. — Nature du courant distribué. — Dans la discussion de cette question, la Commission a pris pour guide les habitudes et les conditions d'existence de la population parisienne. La région des boulevards de la rive droite présente une densité de consommation extrêmement élevée qu'on ne rencontre probablement dans aucune autre ville; de part et d'autre s'étendent vers la Seine et vers les boulevards extérieurs des zones à densité moindre mais encore très élevée. Or, dans toute cette région, c'est du courant continu qui est distribué et c'est à cette forme de courant que sont appropriés tous les appareils des abonnés. D'un autre côté la canalisation de courants alternatifs de grande intensité sous basse tension présente de grandes difficultés. Il est vrai que l'emploi de courants alternatifs augmenterait un peu le rendement des appareils transformateurs et diminuerait légèrement les dépenses d'établissement des sous-stations; mais l'élévation du rendement ne serait appréciable que si le nombre des transformateurs en service était toujours proportionné aux besoins de la consommation et il n'en résulterait d'ailleurs qu'une faible diminution des dépenses de production, lesquelles ne sont elles-mêmes qu'une faible partie de l'ensemble des charges; quant à la diminution du prix de revient des sous-stations, il se trouverait certainement compensé par un accroissement des dépenses de canalisations, les canalisations continues étant à trois conducteurs, dont un (le neutre) de section réduite, tandis que les canalisations alternatives devraient avoir quatre conducteurs que la distribution soit diphasée ou triphasée (sans parler de l'inconvénient d'avoir à équilibrer, dans ce dernier cas, trois circuits au lieu de deux). Enfin, en faveur du courant continu, vient s'ajouter l'avantage de permettre d'utiliser dans une grande mesure les canalisations existantes. Pour toutes ces raisons la Commission conseille le choix du courant continu pour toute cette région à grande densité de consommation.

Dans les autres parties de Paris, où la densité de consommation reste en moyenne faible tout en prenant parfois des valeurs assez élevées, l'extension de la distribution par courant continu ne paraît pas désirable à la Commission. Tout en ne se dissimulant pas combien est vague son appréciation, elle pense qu'il conviendra d'installer des sous-stations de transformateurs, voire même de simples kiosques de transformation pour la distribution dans les noyaux à densité relativement élevée et des transformateurs d'abonnés pour

la clientèle très parsemée, les industriels dont la consommation dépassera une certaine valeur (10 à 20 kilowatts), enfin les clients du grand luxe possédant de grosses installations qui ne fonctionnent qu'une fois ou deux par an.

Mode de distribution par courant continu. — Suivant la Commission « tout doit être organisé pour assurer l'égalité constante de la tension sur les circuits des abonnés » et il lui a paru que cette condition entraînait impérativement le choix de la distribution à trois fils. L'emploi de deux fils conduit en effet à des dimensions de canalisations certainement élevées. Le système à cinq fils exige l'équilibrage de quatre circuits, qui ne peut être rendu automatique qu'au prix d'une assez grande complication. Avec le système à trois fils l'équilibrage des deux circuits est au contraire facile à réaliser d'une façon parfaite par des dispositifs simples et automatiques.

Tension de distribution du courant continu. — Le choix pouvait se porter sur les chiffres de 110 ou 220 volts par circuit. — La tension de 220 volts, comparée à celle de 110, jouit des avantages suivants : la capacité des canalisations existantes, qui toutes peuvent supporter cette tension de 220 volts pour ainsi dire sans modifications, serait plus que doublée, ce qui reporterait à une époque assez éloignée l'accroissement de leurs dimensions; la portée utile d'une sous-station à 220 volts étant le double de celle qui correspond à 110 volts, le nombre des sous-stations nécessaires serait réduit, d'où une grosse économie, puisque ces sous-stations doivent se trouver dans les quartiers où le terrain a une grande valeur; enfin, les fortes génératrices de courant continu sont d'une construction plus facile et moins coûteuse à 220 volts qu'à 110. — Par contre, elle présente les inconvénients suivants : les lampes à incandescence, qui forment la majeure partie des appareils d'utilisation, sont beaucoup moins économiques à 220 volts qu'à 110, comme l'ont de nouveau prouvé des essais récents effectués à la demande de la Commission (*Revue électrique*, t. III, p. 118, 28 février 1905); les lampes à arc ne peuvent être employées économiquement que groupées par 4 ou 5 en série; les moteurs de faible puissance sont plus difficiles à construire et plus coûteux; enfin les risques de courts-circuits sur le réseau ou chez les abonnés se trouvent augmentés. — Il est vrai que l'on peut objecter à ces arguments que, si la distribution à 220 volts permet un abaissement notable des tarifs de vente, la dépense résultant de la plus grande consommation et de la plus grande valeur des appareils se trouvera compensée, et qu'en outre les risques de courts-circuits à 220 sont encore peu graves. — Aussi la Commission s'est-elle ralliée à l'opinion que la distribution à 220 volts pourrait être la plus avantageuse dans l'hypothèse où rien n'existerait encore; mais, considérant que la plupart des installations intérieures existantes devraient être refaites à neuf pour supporter 220 volts, elle estime qu'il convient d'adopter 110 volts.

Sous-stations. — Installées autant que possible dans les bâtiments municipaux ces sous-stations comprendraient des groupes moteurs-générateurs, ces appareils paraissant à la Commission supérieurs aux commutatrices pour le réglage de la tension et la sécurité du service. — Chacune desservirait la région environnante par un réseau en câbles armés (conducteurs recouverts de matières fibreuses imprégnées, mis sous plomb, puis armés de fer feuillard, paraît être la forme définitive à laquelle il conviendra de ramener progressivement toutes les canalisations). Le réseau particulier de chaque station ne devra être réuni aux réseaux voisins qu'en un nombre de points limités, en chacun desquels existera un moyen de coupure automatique, interrompant la communication en cas d'excès de courant; il sera ainsi facile d'isoler automatiquement et de limiter au minimum une section, siège d'un accident entraînant un arrêt de service, tout en

conservant la possibilité d'assurer le service de jour sans mettre des machines en marche dans toutes les sous-stations.

Courant alternatif: forme, tension, fréquence. — L'adoption de la tension de 110 volts sur le réseau continu entraîne celle de 110 volts sur les réseaux alternatifs. Les formes triphasées et diphasées sont également possibles. Toutes deux conviennent à l'alimentation des petits moteurs (les grands moteurs seraient alimentés par transformateurs spéciaux); pour l'éclairage elles sont équivalentes, mais inférieures au courant alternatif simple en ce qu'elles exigent l'équilibrage de plusieurs circuits. Avec le triphasé, il faudrait une canalisation à quatre fils et il y aurait trois circuits à équilibrer. Avec le diphasé, on pourrait prendre cinq fils et quatre circuits ou quatre fils formant deux circuits distincts. Les raisons qui ont motivé le choix de la distribution par trois fils en courant continu militent en faveur de la distribution en diphasé, quatre fils. Son inconvénient serait d'exiger des câbles de section un peu supérieure à ce qu'elle serait avec le triphasé. — Quant à la fréquence elle ne saurait descendre au-dessous de 40 périodes par seconde. La Commission conseille d'adopter la valeur 50, malgré que deux des secteurs actuels utilisent la fréquence 42.

III. Prix de revient de l'énergie électrique. — C'est avec une grande circonspection que la Commission a envisagé cette question et encore les chiffres qu'elle indique ne se rapportent qu'à l'état définitif de l'exploitation et ne pourront donc être obtenus qu'après un certain nombre d'années d'exploitation.

Dépenses d'installation. — Elles sont évaluées comme suit :

Usines génératrices : 70900 kilowatts.	
à 500 ^{fr} par kilowatt	35 000 000
Sous-stations : 150 ^{fr} par kilowatt ..	10 500 000
Canalisations : haute et basse tension,	
700 ^{fr} par kilowatt (non compris	
branchements et compteurs).....	49 000 000
Total	94 500 000
Divers	5 500 000
Total général	100 000 000

Dépenses d'exploitation. — Le capital de 100 millions, pour intérêt et amortissement en 35 années environ, imposera une charge annuelle de 6 millions. Le renouvellement du matériel, en admettant 10 ans pour les chaudières, 15 pour les machines et 35 pour les canalisations et les bâtiments, représente une charge annuelle de 9 165 750^{fr}. Les dépenses directes de production (en admettant 40 pour 100 pour le combustible, 35 pour 100 pour le personnel et 25 pour 100 pour l'entretien courant) et les dépenses d'administration (25 pour 100 des dépenses de production) sont évaluées aux chiffres suivants en francs par kilowatt-heure vendu :

Combustible : 1 ^{fr} 5 par kilowatt-heure	
produit, soit 2 ^{fr} 5 par kilowatt-heure	
vendu, en admettant un rendement	
de 0,66 (à majorer de 10 pour 100	
pour graissage et menus frais), à 20 ^{fr}	
la tonne	0,0495
Personnel de l'exploitation	0,0433
Entretien courant	0,0309
Administration et frais généraux com-	
merciaux	0,0309
Ensemble	0,1546

Prix de revient de l'énergie vendue. — Pour le déterminer il faut connaître l'utilisation du matériel. D'après l'expérience acquise, tant à Paris que dans les grandes villes, elle est d'environ 750 heures par an. Le nombre des kilowatts-

heure vendus serait donc de $70000 \times 750 = 52\,500\,000$ kilowatts-heure. Les dépenses correspondantes seraient par suite :

Intérêts et amortissement.....	6000000
Renouvellement du matériel.....	3160650
Dépenses courantes à 0 ^r , 15 ⁴ / ₆ le kilowatt-heure.....	8116500
Total.....	17282250

Le prix de revient moyen serait donc de 0^r, 329 le kilowatt-heure.

IV. TARIFICATION. — *Forme de la tarification.* — Les frais de production étant de la forme $A + Bx$, où A représente une somme fixe, indépendante du nombre de kilowatts-heure produits x , et Bx une somme proportionnelle à ce nombre, la Commission se prononce nettement en faveur d'un tarif unitaire décroissant à mesure qu'augmente la durée d'utilisation du client, c'est-à-dire faisant payer une somme fixe A' proportionnelle à l'importance de la part des dépenses fixes qui correspond à la puissance qu'utilise l'abonné et une somme $B'x'$ proportionnelle à l'énergie x' qu'il consomme. Pour le calcul de la somme A' la Commission estime qu'on ne doit pas prendre pour base la puissance installée chez l'abonné, ni la puissance maximum consommée, parce que la connaissance de la première exige un contrôle vexatoire et celle de la seconde l'emploi d'un appareil supplémentaire tel que l'indicateur de Wright; elle préfère qu'on prenne comme base la puissance P du compteur. Quant au paiement de cette somme il est commode de le répartir sur un certain nombre des kilowatts-heure consommés, nombre que l'on peut représenter par NP , N étant le nombre d'heures d'utilisation à partir duquel le tarif deviendra décroissant. — Pour déterminer les coefficients A et B du prix de revient du kilowatt-heure, la Commission a décomposé les dépenses figurant dans le prix de revient global du kilowatt-heure en deux parties, l'une fixe, l'autre proportionnelle à l'énergie vendue en plus ou en moins de la moyenne de 52500000 kilowatts-heure. Le Tableau suivant donne, en centimes, l'une et l'autre de ces parties :

	Totale.	Fixe.	Proportionnelle.
Amortissement du capital....	11,40	11,40	0
Renouvellement du matériel ($\frac{1}{3}$ fixe).....	6,00	2,00	4,00
Combustible, etc. ($\frac{1}{3}$ fixe)...	4,95	1,24	3,71
Main-d'œuvre ($\frac{1}{3}$ fixes).....	4,33	3,24	1,09
Entretien et frais généraux ($\frac{1}{3}$ fixe).....	3,09	1,54	1,55
Administration et frais commerciaux ($\frac{1}{3}$ fixes).....	3,09	2,32	0,77
	32,86	21,74	11,12

Le prix de revient du kilowatt-heure, pour une durée d'utilisation voisine de 750 heures, est donc 21,74 + 11,12 x . Pour en déduire le prix de vente, il faut d'abord majorer le précédent du bénéfice d'exploitation, puis fixer le nombre d'heures d'utilisation N au-dessus duquel le tarif de vente devient décroissant. La Commission laisse à la Ville le soin de fixer la majoration. Quant au nombre N il est nécessairement inférieur à 750, la puissance globale des compteurs d'un réseau étant toujours plus grande que celle des usines génératrices; la Commission le prend égal à 400. Dès lors le coefficient du tarif de vente devient, en arrondissant les valeurs de A et de B ,

$$22 \times \frac{750}{400} + 11 = 52,3 \text{ centimes}$$

par kilowatt-heure pour une utilisation inférieure à 400 heures

par an. et

$$\frac{400 \times 52,3 + (U - 400) 11}{U}$$

pour une utilisation U supérieure à 400 heures. Cette formule conduit à 0^r, 275, 0^r, 190, 0^r, 165 pour le prix de vente du kilowatt-heure avec durées d'utilisation respectives de 1000, 2000 et 3000 heures.

Liberté ou réglementation. — Le tarif ainsi déterminé doit-il avoir un caractère impératif ou doit-il être considéré comme un tarif maximum? Si l'exploitation est faite par la Ville, la Commission estime qu'il doit être impératif; si, au contraire, elle est faite par un concessionnaire, il est préférable de laisser à celui-ci quelque liberté lui permettant de tenir compte de certaines circonstances accessoires propres à influer sur le prix de revient de l'énergie consommée (consommation exclusive de jour, etc.).

V. DELAIS D'EXÉCUTION. PÉRIODE TRANSITOIRE. — Cinq années paraissent nécessaires pour réaliser le programme esquissé, même dans l'hypothèse où l'on ne tiendrait aucun compte de tout ce qui existe déjà. La collaboration des Secteurs paraît donc indispensable pendant quelque temps. On pourrait avantageusement en profiter pour répartir les travaux sur une période assez prolongée et réduire ainsi au minimum les inconvénients de la transformation. Une année serait utilisée pour les études préliminaires et passation de marchés; trois pour l'installation de deux des usines, leur canalisation de pénétration, la canalisation des quartiers industriels et la moitié environ de celle des quartiers du centre; deux autres années pour achever cette dernière partie et mettre en marche les stations de transformation; enfin, la dernière période serait affectée aux remaniements de la partie sud-ouest, alimentée actuellement en courant alternatif simple dans des conditions satisfaisantes pour les abonnés et où il n'y aurait pas avantage à opérer une transformation trop profonde. — Entre le moment où l'on pourra commencer l'exécution des travaux et celui de leur achèvement, il y aurait lieu de prévoir une diminution graduelle des prix de vente, afin, d'une part, de faire bénéficier le plus tôt possible les abonnés d'un avantage appréciable, mais, d'autre part, d'éviter que les demandes d'abonnement, qui résultent d'une réduction du prix, ne se produisent pas en nombre tel qu'il soit impossible d'y donner satisfaction à bref délai.

Réponse du professeur Éric Gérard. — Le professeur Éric Gérard recommande l'emploi de courants primaires triphasés à 8000 volts environ produits dans une ou plusieurs grandes usines; pour la distribution il hésite entre le courant continu et les courants triphasés basse tension. Comme moteurs primaires il pense que les turbines à vapeur sont à recommander, mais il entrevoit la possibilité de pouvoir bientôt utiliser des turbines à gaz pauvre. Le choix est donc délicat; aussi le professeur Éric Gérard termine-t-il en disant : « Comme professeur, je salue les progrès qui m'éfrayeraient peut-être si j'étais administrateur ».

Réponse des Établissements Siemens-Schuckert. — Dans cette réponse sont successivement envisagées la production et la distribution du courant.

PRODUCTION DU COURANT. — Cette production doit être centralisée dans une ou deux usines d'une puissance totale d'environ 8000 chevaux, installées à proximité de la Seine et composées de machines ou de turbines à vapeur (de préférence ces dernières) et d'alternateurs d'une puissance individuelle de 5000 à 10000 chevaux fournissant des courants triphasés sous une tension de 8000 à 10000 volts. A l'appui de cette solution la réponse signale qu'elle a été appliquée il y a deux ans à Vienne par la Société Schuckert : on a construit deux grandes usines à courants triphasés, situées à

proximité l'une de l'autre, servant respectivement à l'alimentation du réseau de traction et à celle du réseau d'éclairage et de force motrice, prévues pour 40 000 chevaux; bien que leur puissance ne soit encore que de 20 000 et 15 000 chevaux, le prix de revient du kilowatt-heure distribué (comprénant combustible, graissage, nettoyage, appointements et salaires, réparation et entretien) est descendu aujourd'hui à 6°. Dans la Haute-Silésie, où elle est également appliquée, ce prix de revient n'est que de 5°,6, bien que l'énergie distribuée soit moindre qu'à Vienne (15 millions de kilowatts-heure en 1902-1903, contre 26 millions à Vienne). A Berlin, où elle a reçu une application partielle, mais où sont consommés 85 millions de kilowatts-heure, ce prix descend à 5°,5. A Hambourg, avec application partielle moins importante et consommation de 22 millions de kilowatts-heure, le prix est de 7°,8.

DISTRIBUTION DU COURANT. — La réponse examine deux solutions : a. Transformation par nombreux transformateurs statiques ou dans un petit nombre de sous-stations en courants triphasés distribués par une canalisation à 4 conducteurs (un neutre) donnant une tension composée de 210 volts entre conducteurs extérieurs pour l'alimentation des moteurs et une tension de 120 volts entre ces conducteurs et le neutre pour le service de l'éclairage. b. Transformation dans des sous-stations (environ 10) en courant continu et distribution à 110 ou à 220 volts.

Malgré sa simplicité et son adoption dans de nombreuses installations, la première solution ne paraît pas recommandable à Paris. Le système des transformateurs individuels occasionne une trop grande perte à vide; celui des stations de transformation entraîne la nécessité d'une importante canalisation secondaire et serait plus coûteux que la seconde solution avec distribution à 220 volts; d'un autre côté la transformation en courant continu permet l'utilisation de batteries d'accumulateurs venant en aide à la station centrale aux moments de grande consommation.

La seconde solution avec distribution continue à 220 volts, employée dans beaucoup d'installations (Berlin, Christiania, Stockholm, Munich, Hanovre, Breslau et un grand nombre de villes anglaises et américaines), serait la seule qu'il conviendrait d'utiliser à Paris dans l'hypothèse où rien n'existerait encore. Si l'on tient compte des installations existantes, des raisons locales peuvent faire préférer la distribution par courant continu à 110 volts. Toutefois, même en cherchant à utiliser autant que possible ce qui existe déjà, on peut trouver de bonnes raisons pour préconiser le système à 220 volts qui présente sur celui à 110 volts le grand avantage de quadrupler la capacité des canalisations secondaires. Outre que la plupart des canalisations actuelles des secteurs à courant continu supporteraient sans profondes modifications cette élévation de tension, beaucoup des installations intérieures branchées sur les canalisations à cinq fils des secteurs de la Place Clichy et de l'Air comprimé pourraient subsister, car on peut admettre que la plus grande partie des appareils sont suffisamment isolés, les moteurs en particulier étant actuellement branchés sur 220 et 440 volts. Les installations intérieures desservies par les autres Secteurs à courant continu seraient à transformer complètement; bien que cette opération, nécessairement faite aux frais des propriétaires des usines, soit coûteuse, elle peut être avantageuse pour ces derniers et elle a été opérée dans beaucoup de grandes villes ayant modifié récemment leur système de distribution; elle est également avantageuse pour les abonnés qui reçoivent gratuitement une installation moderne et neuve. Quant aux modifications à apporter aux secteurs à courants alternatifs (Champs-Élysées et Rive gauche) elles ne pourraient être déterminées qu'à la suite d'une étude approfondie et la réponse des Établissements Siemens-Schuckert ne les examine pas.

Réponse de l'Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft.

— Cette réponse, en date du 25 août 1904, contient de nombreuses considérations générales et pour cette raison peut, malgré sa longueur (huit pages environ de ce texte), être analysée complètement en assez peu de place.

PRODUCTION DE L'ÉNERGIE. — La Société A.E.G. part de ce point que l'usine génératrice devra fournir non seulement l'énergie nécessaire à l'éclairage, mais encore celle nécessaire à la traction et à l'alimentation des gros moteurs. Pour donner une idée du chiffre auquel atteindra la consommation dans les premiers temps, elle prend comme terme de comparaison la consommation de Berlin qui, en 1903, s'est élevée à plus de 96 millions de kilowatts-heure dont 17 pour l'éclairage privé (548 heures d'utilisation annuelle), 15 pour l'éclairage public (2753 heures d'utilisation), 30 pour la petite et grande industrie (757 heures d'utilisation) et de 45 millions pour les tramways (2903 heures d'utilisation). Dans ces conditions les frais de production de l'énergie sont de 0^r,036 par kilowatt-heure, avec consommation de 1^{re},288 de charbon à 20^r la tonne. Si à ces frais on ajoute les charges du capital (900^r par kilowatt installé) et les taxes à l'Etat et aux communes (environ 350 000^r), le coût de production du kilowatt-heure atteint 0^r,07. Montrant ensuite que l'éclairage par lampe Nernst peut lutter avec l'éclairage par bec Auer si le kilowatt-heure est vendu 0^r,20 et le mètre cube de gaz 0^r,15, que l'éclairage public par lampes à arc est plus économique que par tout procédé au gaz si le kilowatt-heure est vendu dans ce but 0^r,15, qu'enfin les industriels et les services de traction ont intérêt à s'adresser à l'usine centrale avec des prix de vente de cet ordre de grandeur, l'A.E.G. conclut que la puissance totale des usines doit être prévue pour 300 000 chevaux. Il y aurait lieu d'établir trois usines, contenant chacune 2 turbines de 10 000 chevaux et 5 turbines de 20 000 chevaux, commandant des alternateurs triphasés fournissant des courants à 12 000 volts.

DISTRIBUTION. — La distribution par courants triphasés avec quatre conducteurs et tension de 110 volts entre un conducteur et le neutre est à recommander parce qu'elle permet aussi l'usage d'une plus haute tension, en branchant sur les conducteurs extrêmes.

PRIX DE REVIENT. — Le prix de revient des machines génératrices est évalué à 144^r par cheval installé (32^r pour les bâtiments, 32^r pour les chaudières et 80^r pour les groupes électrogènes). Le coût des deux premières usines construites, d'une puissance individuelle de 120 000 chevaux, serait donc de 34 560 000^r, chiffre qui correspond à une dépense de 290^r par kilowatt débité. Les frais de canalisations sont évalués à 260^r par kilowatt utile installé sur la haute tension et 325^r par kilowatt utile installé sur la basse tension. Les frais de premier établissement seraient donc, par kilowatt utile, de 550^r ou 875^r suivant que le consommateur est branché sur la haute ou la basse tension. En comptant l'intérêt et l'amortissement du capital à 3,5 pour 100, il en résulte donc une charge annuelle de 19^r,25 ou de 30^r,65 par kilowatt utile débité. Les réparations et l'amortissement du matériel donnent lieu à une nouvelle charge (4 pour 100) de 22^r ou 35^r. En ajoutant les frais généraux (8^r,25 et 9^r,35) et ceux du personnel (4^r,40 et 5^r,90) on arrive à 53^r,90 ou 80^r,90 par kilowatt utile débité suivant que l'abonné utilise la haute ou la basse tension. Quant aux dépenses variables de la production de l'énergie elles sont estimées à 3^r,32 et 3^r,55 par kilowatt-heure utile débité. Partant de ces chiffres on trouve que le prix de revient moyen du kilowatt-heure utile est de 5°,3 pour les abonnés sur haute tension dont la durée d'utilisation est de 3000 heures et 4°,2 pour ceux dont l'utilisation atteint 6000 heures; pour les abonnés ordinaires sur basse tension, le prix de revient est respectivement de 23°,8, 13°,7

et 5^e,6 par kilowatt-heure suivant que leur durée d'utilisation atteint 400, 800 ou 4000 heures. Comme l'expérience a prouvé que la durée moyenne d'utilisation des abonnés ordinaires est d'au moins 1000 heures, l'Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft conclut qu'en fixant le tarif de vente à 0^r,20 le kilowatt-heure pour les abonnés reliés à la basse tension, ce tarif donnerait encore un bénéfice net d'au moins 6^e par kilowatt-heure et par conséquent un bénéfice annuel de 5 millions pour chaque usine de 100000 kilowatts avec 800 heures d'utilisation. A ce bénéfice s'ajouterait celui réalisé sur les gros consommateurs branchés sur la haute tension, auxquels seraient plus spécialement destinée la réserve de l'usine.

Réponse de la maison Brown-Boveri. — Dans une Note fort courte, cette maison, se plaçant dans l'hypothèse dite de la *table rase*, propose deux usines, installées sur les bords de la Seine, d'une puissance de 60000 à 80000 kilowatts, contenant des groupes turbo-alternateurs de 6000 à 7500 kilowatts, produisant des courants triphasés sous 8000 ou 10000 volts, à la fréquence 50. De chacune des usines partiraient deux réseaux desservant chacun environ la moitié des sous-stations et aboutissant à l'autre usine de telle sorte que chaque sous-station pourrait être ainsi alimentée à volonté par l'une ou l'autre des usines et au moyen de l'un ou l'autre réseau. Dans ces sous-stations la tension serait abaissée à 3000 volts et de chacune d'elles partirait un réseau alimentant des sous-stations secondaires où la tension serait abaissée à la valeur de distribution dont le choix n'est pas indiqué.

Réponse de la Compagnie parisienne de l'Air comprimé. — La Compagnie se réserve de donner plus tard une étude complète; elle signale seulement quelques inconvénients résultant de la concentration de la production dans une usine unique et insiste sur la nécessité de desservir la région centrale en courant continu, la région périphérique étant desservie par le courant alternatif.

Réponse de la Compagnie générale d'électricité de Creil. — Cette Compagnie estime que l'on doit surtout développer l'application de l'électricité à la production de force motrice et que, pour atteindre ce but, il convient de faire table rase de ce qui existe.

PRODUCTION. — Pour la production il faudrait deux usines fournissant, au moyen de turbo-alternateurs de 5000 à 10000 chevaux, des courants triphasés à 10000 volts.

DISTRIBUTION. — De nombreux arguments sont donnés en faveur de la distribution par courants triphasés 110 volts, avec canalisations à quatre fils : meilleur rendement et plus grande facilité d'installation des sous-stations de transformation, moins de dépenses de personnel et d'entretien du matériel de ces sous stations, grands avantages au point de vue de l'extension future du réseau, etc. On se prive ainsi de la réserve que donnent les accumulateurs dans le cas d'une distribution continue, mais cette réserve, qui coûte fort cher, aussi bien par suite du prix élevé des accumulateurs et de leur entretien que par suite de leur faible rendement, ne donne qu'une sécurité plus apparente que réelle, et cette sécurité est d'ailleurs aussi grande si l'on dispose, comme l'est dit plus haut, de deux usines distinctes pouvant s'aider mutuellement. Quant à vouloir utiliser dans l'avenir les canalisations actuelles il n'y faut pas songer, car ces canalisations sont surchargées déjà et les secteurs n'ont aucun intérêt à les développer, ni même à les maintenir en parfait état. Il ne peut être question non plus d'utiliser les systèmes de distribution actuelle en rachetant aux secteurs leurs usines, car la plupart de ces usines fonctionnent dans des conditions fort onéreuses, et seraient-elles cédées pour rien qu'elles conduiraient encore à un prix de revient total de

l'énergie plus élevé qu'une installation neuve. Pour ces diverses raisons, longuement développées dans sa réponse, la Compagnie de Creil conclut à l'adoption de canalisations secondaires entièrement neuves, distribuant des courants triphasés, 110 volts.

DISPOSITIONS TRANSITOIRES. — Les concessions des secteurs expirant à des dates trop proches pour que les nouvelles installations soient prêtes à fonctionner, il convient de rechercher une solution provisoire. Une première solution pourrait consister à proroger de deux ou trois ans ces concessions; une autre consisterait dans la prise en location par la Ville, à l'expiration des concessions, du matériel des Secteurs; en supposant que les négociations nécessitées par ces solutions ne puissent aboutir, la Ville aurait toujours la faculté d'user de son droit de rachat à dire d'experts. La distribution de l'énergie continuerait donc dans les conditions actuelles jusqu'à l'achèvement complet des nouvelles installations.

CONDITIONS DE VENTE DE L'ÉNERGIE. — Considérant que les difficultés de la période transitoire seraient plus facilement surmontées par un concessionnaire que par une administration municipale, la Compagnie de Creil se place dans l'hypothèse de la concession et reprend les propositions faites au Préfet de la Seine en janvier 1903, par M. Coizeau. D'après ces propositions, les prix de vente maximum du kilowatt-heure seraient de 0^r,50 pour l'éclairage et autres usages domestiques, 0^r,25 pour la force motrice et autres usages industriels, 0^r,35 pour l'éclairage public; en outre, il serait distribué chaque année aux abonnés, au prorata de leur consommation, la moitié des bénéfices nets de la Société concessionnaire, ristourne qui atteindrait très rapidement 0^r,10 par kilowatt-heure. D'autre part la Ville recevrait une redevance de près de 9000000^r dès que la consommation atteindrait 70000000 kilowatts-heure et de près de 12000000^r quand cette consommation atteindrait 100000000 kilowatts-heure; de plus elle retirerait 6000000^r de la vente du cuivre des canalisations actuelles et enfin deviendrait propriétaire de toutes les nouvelles installations à l'expiration de la concession. La Compagnie de Creil établit par des chiffres que ces conditions de vente et de redevances sont réalisables.

Réponse de la Société Gramme. — Dans cette réponse, fort courte, la Société Gramme préconise l'emploi de courants triphasés distribués par 4 conducteurs avec 210 volts entre conducteurs extrêmes et 120 volts entre un conducteur extrême et le neutre. Pour assurer le service pendant la période transitoire on pourrait, soit s'entendre avec les Secteurs, soit distribuer du courant continu ou du courant alternatif simple au moyen des canalisations actuelles et de stations de transformation provisoires.

Discussion de la communication de M. David sur les surtensions. par BRYLINSKI (Conférence faite à la séance du 1^{er} mars 1905 de la Société internationale des Électriciens). — M. Brylinski traite par le calcul le cas de l'usine du Plan du Var et compare les résultats ainsi trouvés à ceux obtenus par expérience par M. David (voir t. II, p. 350, 15 déc. 1904). C'est ainsi qu'il détermine l'oscillation propre du réseau et la répartition de la tension sur la ligne. L'équation de cette dernière montre que le nombre de maxima et de minima est limité, on arrive ainsi à cette conclusion extrêmement importante en pratique : c'est qu'une ligne un peu longue est par elle-même un étouffeur d'harmoniques parfait. D'autre part, on constate que plus la tension est élevée et plus l'étouffement est efficace. En supposant une ligne de 600^m avec un alternaieur ayant les constantes de celui de l'usine du Plan du Var, l'application de la formule théorique montre qu'aucun harmonique ne résonne. L'ordre à partir duquel les

harmoniques ne résonnent plus est d'autant plus petit que la capacité de la ligne est plus grande, de telle sorte qu'un câble souterrain d'une ligne de longueur moyenne et à haute tension peut étouffer tous les harmoniques. — Parlant des surtensions qui peuvent se produire lors de la fermeture d'un circuit, M. Brylinski fait remarquer qu'on a admis jusqu'ici que la fermeture se fait toujours au moment du maximum et que par conséquent à cet instant la tension double. Or les essais de M. David indiquent nettement que les surtensions à la fermeture sont quelconques, ce qui prouve que cette fermeture se fait à un moment également quelconque. Les expériences de M. David ont encore montré que, par l'emploi d'un interrupteur à huile, la coupure se fait toujours au point nul. Si ce fait est général, c'est là un point très intéressant. M. Brylinski termine par des considérations relatives à la variation de l'intensité du courant pendant la période de fermeture, variation que M. David a donnée dans ses courbes.

L. J.

Parafoudre de la Manufacture parisienne d'Appareillage électrique. Brevet français n° 337790, 16 décembre 1903. — Le parafoudre de la Manufacture parisienne rentre dans la catégorie des appareils à intervalle d'air fractionné. On sait que l'arc amorcé entre deux points séparés par un intervalle d'air déterminé est plus destructif que s'il franchit plusieurs intervalles dont la somme est égale au précédent. L'appareil est de construction simple; il comporte des éléments qui, par juxtaposition, permettent d'appliquer le même dispositif à toutes les tensions. Il est formé essentiellement de plaques métalliques découpées à l'emporte-pièce en forme de cornes. Ces pièces sont disposées dans un même plan. La figure 1 montre l'ensemble du parafoudre; l'isolation est double, les pièces *i* étant supportées par des isolateurs en porcelaine *d* (fig. 1 et 2) boulonnés sur une

Fig. 1.

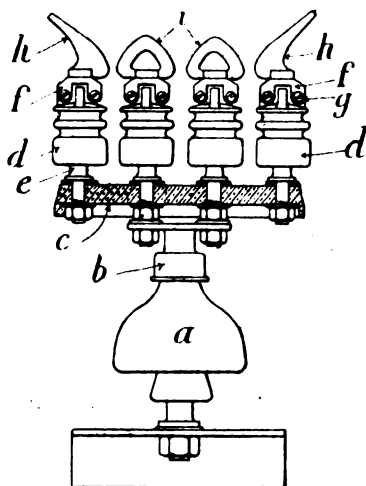
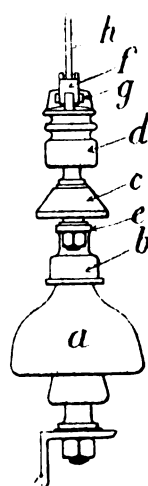


Fig. 2.



traverse en porcelaine *c* et fixés par une bride sur un isolateur d'ensemble *a*. Les cornes *i* sont en cuivre rouge ou en métal inoxydable à l'air; elles ont de 2^{mm} à 3^{mm} d'épaisseur; la section transversale, au milieu de la hauteur d'une corne, doit être d'environ 30mm².

G.

Sur les dispositifs de sûreté contre les surtensions dans les réseaux électriques, par J. MOSCICKI et A. WAEBER (*Schweizerische Elektrotechnische Zeitschrift*, t. II, p. 91 et 108, 11 et 18 février 1905). — Les surtensions dans les réseaux électriques proviennent soit de l'électricité

atmosphérique, soit du courant même qu'ils transportent. Les phénomènes atmosphériques se manifestent de trois manières. *a*. La foudre peut frapper directement les conducteurs ou appareils; ses dégâts se bornent alors aux parties atteintes et il n'y a pas de précaution générale à prendre dans ce cas. *b*. Bien plus fréquentes sont les surélévations de tension dues aux charges statiques que prennent les réseaux sous l'influence des nuages électrisés, de l'air sec, des flocons de neige ou des poussières qui, venant en contact avec les conducteurs, leur communiquent une partie de leur charge; mais ces surtensions sont peu dangereuses et les dispositions préventives adoptées jusqu'ici sont suffisantes pour y parer, à savoir, intervalle explosif avec résistance intercalée dans le fil de terre, assez grande pour empêcher la décharge de devenir oscillante. Les auteurs sont convaincus cependant qu'une simple bobine de réactance qui reliait directement les conducteurs à la terre conduirait bien mieux dans le sol le courant continu auquel donnent naissance les charges statiques. *c*. Les décharges de haute fréquence entre nuages et la terre induisent dans les réseaux des courants de fréquence à peu près identique et de très grande tension. Ces courants constituent donc pour l'installation un danger considérable. Ainsi l'un des auteurs a remarqué sur une ligne à 8000 volts des étincelles de 20^{cm} à 30^{cm} de longueur qui jaillissaient entre les pôles d'un interrupteur. Pour se protéger contre ces énormes surtensions, on a eu recours à peu près sans exception aux parafoudres à coupure, dont l'un des pôles est mis en relation avec la terre par une résistance sans self; mais il faudrait aussi en supprimer toute résistance ohmique; car admettons pour un instant qu'un courant de 200 ampères traverse un conducteur de terre de 200 ohms, nous aurions une différence de potentiel de 40000 volts sur cette dérivation. Les parafoudres les plus modernes ne remplissent aucune de ces conditions.

C'est l'emploi des condensateurs qui résoudra le problème de la conduction à la terre des courants de haute fréquence induits dans les réseaux par les décharges atmosphériques. Réunissons en effet l'une des armatures d'un condensateur à la ligne, l'autre à la terre; nous réalisons ainsi un circuit sans résistance pour les courants de très haute fréquence, de résistance plus grande pour les courants alternatifs ordinaires, et de résistance infinie pour les courants continus. L'intensité du courant de capacité n'est pas seulement proportionnelle à la tension, mais aussi à la fréquence; elle est en effet, pour un circuit à 5000 volts, fréquence 50, capacité 0,03 microfarad, égale à

$$2\pi f \times CV = 2 \times 3,1416 \times 50 \times 0,03 \times 10^{-6} \times 5000 = 0,047 \text{ amp.};$$

mais elle saute à 471 ampères si la fréquence devient 500000, et nous sommes bien au-dessous de la fréquence des décharges atmosphériques. La résistance serait, pour le premier cas,

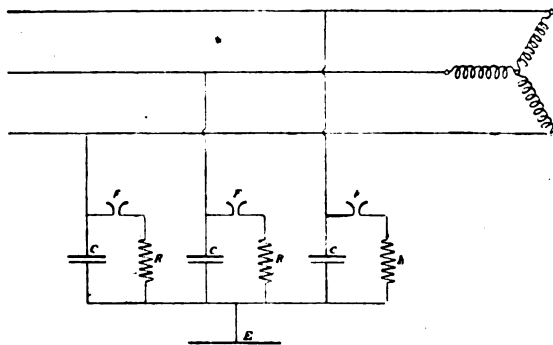
$$R = \frac{V}{I} = \frac{V}{2\pi f CV} = 106157 \text{ ohms},$$

et, pour le deuxième, 10,6 ohms. Un parafoudre ordinaire dont le conducteur de terre aurait cette dernière résistance mettrait le courant du réseau lui-même en court-circuit avec la terre.

Ces quelques considérations théoriques sur l'application des condensateurs ont d'ailleurs eu une sanction pratique. La Schweizerische Kondensatorenfabrik J. de Modzelewski et C^{ie}, de Fribourg (Suisse) a fourni aux auteurs les condensateurs nécessaires à l'équipement d'un certain nombre de postes sur le réseau de lumière et force motrice de Fribourg-Hauterive. La station génératrice fournit des courants triphasés à 8000 volts, 50 périodes à la seconde. On choisit deux lignes d'une longueur totale de 50^{km} qui avaient eu jusqu'ici le plus à souffrir des décharges atmosphériques et

qui traversaient un pays très accidenté. Chaque phase était mise, en dix endroits différents, directement à la terre par l'intermédiaire de condensateurs. Les anciens parafoudres furent maintenus en place avec leur distance explosive suffisamment agrandie; pour quelques-uns elle fut portée à 25 mm. Les condensateurs avaient une capacité de $\frac{1}{16}$ à $\frac{1}{66}$ microfarad. Depuis le jour de leur installation (mai 1904), ils n'ont éprouvé aucune fatigue, le réseau n'a subi aucune inter-

Fig. 1.

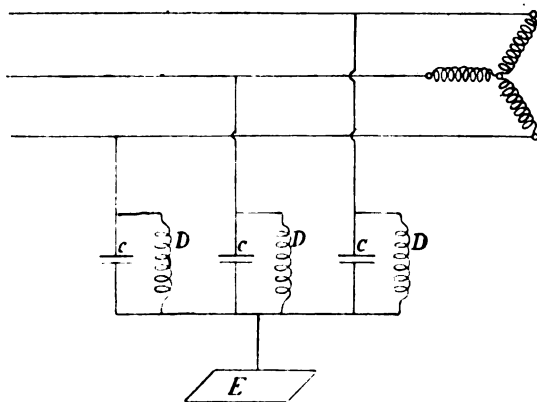


ruption de ce côté, tandis que d'autres parties, qu'on avait considérées comme moins exposées, ont eu plusieurs transformateurs endommagés.

La fabrique J. de Modzelewski, guidée par ces premiers essais, construit des condensateurs tels que, si même le diélectrique venait à être percé, il ne pourrait s'établir un court-circuit entre le réseau et la terre, parce qu'alors les armatures joueraient le rôle de fusibles.

Les surtensions dues au courant de distribution résultent, pour la station génératrice, des variations de la charge et, pour les récepteurs, de la rupture du circuit. Il s'agirait ici, d'après un travail tout récent de G. Seibt qui paraîtra prochainement, d'extra-courants dont la fréquence serait

Fig. 2.



seulement de quelques milliers de périodes par seconde. Le dispositif préventif ordinaire pourrait suffire, mais il vaudrait bien mieux encore recourir aux condensateurs auxquels on donnerait une capacité plus grande.

En résumé, on combattra efficacement toutes les surtensions susceptibles de troubler le fonctionnement d'un réseau en adoptant le montage de la figure 1 où les condensateurs sont combinés aux parafoudres existants; on lui préférera cependant le montage de la figure 2 dans lequel les para-

foudres à coupure sont remplacés par des bobines de réactance en dérivation sur les condensateurs. Avec ce dernier système, la fonction de chacun des appareils est la suivante: les condensateurs laissent passer les courants alternatifs de fréquence élevée, tandis que les courants continus qui résultent des charges statiques s'écouleront par la bobine. La suppression des intervalles explosifs constitue, aux yeux des auteurs, une amélioration appréciable; car, outre l'obligation commune à tous les appareils de mise à la terre, d'avoir une bonne terre, il faut remarquer qu'un parafoudre doit toujours rester en relation avec les machines ou groupes d'appareils qu'il est destiné à protéger. Or ces machines ou appareils sont précisément le siège des extra-courants induits par les plombs qui sautent ou par la manœuvre des interrupteurs. Quant à la capacité à donner aux condensateurs, elle dépend naturellement de la tension du réseau, de la grandeur de la charge et de sa nature (force motrice ou lumière). Plus la charge est forte et plus le réseau alimenté de moteurs, plus les extra-courants sont dangereux et plus aussi il convient de les éliminer au moyen de condensateurs appropriés.

B. K.

BREVETS RÉCENTS.

Commutateurs: ARON. BP. 23677, 1904. — BELDAM. BP. 1027, 1904. — BORNAND. BP. 7267, 1904. — BOULT. BP. 20531, 1903. — CAMERON. BF. 347245, 20 oct. 1904 (commutateur automatique). — CLARK. BP. 24200, 1904. — DYHR. DRP. 158373, 24 avril 1904 (commutateur tournant pour hautes tensions avec contacts noyés dans l'huile). — DULL. USAP. 780641, 12 janvier 1904 (commutateur automatique). — ESKHOLME. USAP. 780164, 2 déc. 1901. — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 3666, 1904. — LOW. USAP. 776522, 28 mars 1904. — HELLMUND. DRP. 158387, 6 février 1904 (commutateur à contacts noyés dans l'huile). — HOPE. BP. 1326, 1904. — HUNTER. BP. 25592, 1904. — KINGSLAND. BP. 3547, 1904. — KINSEY et NELSON. USAP. 776536, 26 déc. 1903. — KLEIN. 347480, 14 oct. 1904. — LLOYD. USAP. 778055, 6 avril 1903. — LUNDBERG. BP. 22287 et 3328, 1903 et 1904. — MARKT. BP. 4875, 1904. — MURRAY. USAP. 777801, 2 mai 1904. — PAYNE et POUPART. BP. 2558, 1904. — PORTER. USAP. 776545, 30 mars 1903. — RIGHTS. BP. 15258, 1904. — SIEMENS-SCHUCKERTWERKE. BP. 22536, 1903. — THOMSON-HOUSTON. BP. 820 et 1642, 1904; BF. 347189, 18 oct. 1904. — WIECHMANN. BP. 14101, 1904.

Coupe-circuit: BAILY. BP. 28607, 1903. — CHOLET. BF. 347946, 16 nov. 1904 (disjoncteur automatique multipolaire à minima). — CONRAD. USAP. 780024, 29 déc. 1902 (relais coupe-circuit). — GARDNER. USAP. 778575, 21 déc. 1903 (coupe-circuit pour haute tension). — KUCHINKA. BF. 347445, 27 oct. 1904. — LACKIE et CALDERWOOD. BP. 330, 1904. — SCOTT. USAP. 779003 et 779376, 28 juin 1901 et 27 mai 1899.

Fusibles: DOWNES. USAP. 778531, 20 mai 1904. — HENLEYS'S TELEGRAPH WORKS COMPANY, LD. BP. 3216, 1904. — HEPKE. BP. 26180, 1903. — RENDER. BP. 23031, 1903. — VARNEY. USAP. 780544, 22 sept. 1902.

Divers: D'ARSONVAL. BP. 1006, 1904 (extincteur d'étincelles). — FRANKEL. BP. 24560, 1903; BF. 347879, 12 nov. 1904 (pince d'essai pour lignes électriques). — LAHMEYER et C^{ie}. DRP. 157794, 11 déc. 1902 (charge et décharge des machines tampons). — LEVIN. USAP. 776521, 26 janv. 1904 (taquet pour pose de fil). — SCHMID. BF. 347531, 29 oct. 1904 (poste central électrique domestique et portatif). — TZEIGENBERG. DRP. 157883, 3 oct. 1902 (pare-étincelles). — WERNER. USAP. 777901, 29 août 1904 (soufflage de l'arc).

ÉCLAIRAGE.

Lampes au tantale Siemens et Halske, par BAINVILLE, (Conférence faite à la séance du 1^{er} mars 1905 de la Société internationale des Électriciens). — Dans cette conférence, qui constitue la première partie d'une communication d'ensemble sur les nouvelles lampes à incandescence, M. Bainville parle uniquement de la lampe au tantale de Siemens. Il donne sur la description de cette lampe ainsi que sur les propriétés du tantale les détails qui ont déjà été publiés ici (t. III, p. 53, 30 janvier 1905) et sur lesquels nous ne reviendrons pas. — M. Bainville présente ensuite les résultats des premiers essais effectués sur ces lampes au Laboratoire central d'Électricité, par M. Laporte. L'étude de la répartition lumineuse a donné les valeurs suivantes pour le plan horizontal.

Angle.	Intensité lumineuse.
0.....	20,6 bougies décimales
90.....	20,0 " "
180.....	20,3 " "
270.....	20 " "

La répartition dans le plan horizontal est donc bien uniforme. Dans le plan vertical, il est loin d'en être ainsi; c'est ce qu'indiquent bien les chiffres suivants :

Angle.	Intensité lumineuse.
0.....	4,5 bougies décimales
22,5.....	10,3 " "
45.....	16,8 " "
67,5.....	19,5 " "
90.....	20,9 " "
112.....	19,7 " "
135.....	15,8 " "
157,5.....	7,5 " "
180.....	0 " "

L'intensité lumineuse moyenne sphérique était de 16 bougies. Il s'agissait là d'une lampe donnée pour 25 bougies Heffner. Les consommations trouvées par M. Laporte sont un peu plus élevées que celles données par Siemens et Halske. Le Tableau suivant résume les essais de consommation entrepris sur 3 lampes de 110 volts et 25 bougies Heffner :

	1.	2.	3.
Volts.....	110	110	110
Ampères.....	0,385	0,360	0,380
Watts.....	42,5	39,5	42
Watts par bougie décimale.....	2,05	2,06	1,73

En ce qui concerne la durée de la nouvelle lampe, il faut se contenter jusqu'ici des affirmations de Siemens et Halske qui donnent comme valeurs 400 à 600 heures avec une baisse d'intensité lumineuse de 20 pour 100. — On constate, dans les débuts de la mise en service de la lampe, et environ après 5 heures, une petite diminution dans la consommation spécifique. — Un des inconvénients de la lampe réside dans le changement d'état du filament qui, après 200 ou 300 heures de fonctionnement, n'a plus aucune résistance mécanique, de telle sorte qu'il n'est plus possible de déplacer la lampe sans briser le filament. — M. Bainville déclare la nouvelle lampe très intéressante, mais ne porte sur elle aucun jugement pratique, car cette lampe n'est pas encore sortie du domaine du laboratoire. Il dit notamment que le prix, qui est actuellement inconnu, est un facteur qui intervient beaucoup, surtout si la lampe a peu de durée. En ce qui concerne la possibilité de faire des lampes à 110 volts et de faible intensité lumineuse, M. Bainville indique les difficultés pratiques. En effet, pour la lampe de 25 bougies

Heffner dont il est question ci-dessus, le filament n'a que 0^{mm},05 de diamètre et le calcul montre que, pour avoir 16 bougies, il faudrait donner au fil 0^{mm},025 seulement de diamètre.

A la suite de cette conférence, M. KORDA rappelle l'attention sur les avantages que posséderait le carborundum employé comme filament de lampe à incandescence, cette matière pouvant supporter, même au contact de l'air, une température très élevée.

M. GUILLAUME, qui préside la séance, annonce que le prix actuel de la lampe au tantale est de 5^{fr}. Il démontre d'autre part que si la lampe au tantale donne une lumière plus blanche que celle à filament de charbon, ce fait n'est pas forcément dû à une température plus élevée. Ces substances incandescentes ne constituent pas en effet un radiateur intégral; il y a lieu en outre de considérer le pouvoir réfléchissant qui est très grand avec les métaux. L. J.

L'arc au mercure et ses applications, par WEINTRAUB (Conférence faite par M. Marius LATOUR à la séance du 1^{er} mars 1905 de la Société internationale des Électriciens). — Divers points du fonctionnement et des applications de cet arc sont successivement examinés.

Allumage. — Les recherches de M. Weintraub ont porté tout d'abord sur l'allumage (voir, à ce propos, *La Revue électrique*, t. I, p. 274, 15 mai et p. 368, 30 juin 1904). Pour obtenir celui-ci, il faut amorcer l'ionisation sur la cathode. On y parvient avec une seule source de courant continu en produisant un petit arc auxiliaire qui allume le grand. Pour produire l'ionisation un vide parfait est nécessaire. On peut aussi provoquer l'allumage en approchant de la cathode un petit filament de charbon en communication avec l'anode. — Mais dans ces deux cas on est obligé de donner à la lampe une petite secousse pour faire éclater l'arc auxiliaire. M. Marius Latour présente des schémas de lampes à allumage automatique. L'une d'elles possède une branche latérale contenant du mercure et où plonge un noyau de fer; avant l'allumage le mercure de cette branche déborde et communique avec le mercure de la branche principale. Autour de la partie supérieure de cette branche est enroulé un solénoïde traversé par le courant de la lampe. Dès qu'on envoie le courant dans celle-ci le noyau de fer se soulève et le mercure redescendant dans la branche fait éclater l'arc auxiliaire. — Dans un autre modèle, la branche latérale est supprimée. Un filament de charbon en communication avec l'anode plonge dans le mercure de la cathode lorsque le circuit de la lampe est ouvert. Ce charbon est porté par un noyau de fer placé à la partie supérieure de l'ampoule et entouré par un solénoïde que traverse le courant de la lampe. Dès que le circuit est fermé le charbon se relève et l'arc éclate entre le charbon et le mercure, ce qui amorce l'arc au mercure. Cette lampe est appelée *lampe à filament mobile*. Elle dure 3000 heures et possède un rendement lumineux très élevé, puisque sa consommation n'est que de 0,8 watt par bougie.

Stabilité de l'arc. — L'arc au mercure développe une force contre-électromotrice constante; la chute de tension à la cathode est de 5 volts; la chute dans l'arc est proportionnelle à sa longueur; pour un diamètre de 18^{mm}, cette chute est de 0,7 volt par centimètre. Afin de rendre l'arc stable, il est nécessaire de disposer en série avec lui une résistance qui absorbe 20 pour 100 de la puissance totale. Sous une tension de 100 volts la limite d'intensité pour le fonctionnement est de 3 ampères. L'instabilité au-dessous d'une certaine intensité de courant provient de la tache cathodique; c'est à cet endroit que se forment les ions. — Pour constituer l'anode, on prend de préférence le graphite ou certains carbures. On peut faire une lampe à plusieurs anodes, mais il est impossible d'avoir plusieurs cathodes,

une cathode seulement peut entrer en fonctionnement. L'anode reste inaltérable mais la cathode se désagrége et toujours la même tache mobile se produit sur celle-ci. Il y a là un phénomène encore inexpliqué. La désagréation de la cathode est purement électrique et ne provient pas d'un dégagement de chaleur, car la tache n'est pas très chaude. — Les conditions essentielles à réaliser pour avoir un fonctionnement stable sont les suivantes : 1° un vide parfait; 2° une chambre de condensation du mercure; 3° une résistance en tension.

Lampe à courant alternatif et redresseur. — Comme une condition essentielle de fonctionnement de l'arc est l'activité de la cathode, il faut, pour utiliser le courant alternatif, qu'une électrode garde toujours le pôle négatif. A cet effet on peut utiliser un tube à branche latérale avec une source auxiliaire à courant continu. L'arc étant amorcé, il ne passe de l'anode à la cathode qu'une demi-onde du courant alternatif. On peut s'arranger pour que la cathode fonctionne continuellement en faisant usage d'un transformateur sectionné en deux parties; mais la source auxiliaire à courant continu est indispensable, car sans elle l'arc se désamorcerait au moment du passage du courant à zéro. Dans une deuxième méthode on peut supprimer la source de courant continu en faisant usage de bobines de self-induction qui entretiennent l'excitation de la cathode. — Ces lampes à arc au mercure sont très peu utilisées sous courant alternatif, mais on les emploie davantage comme redresseurs. M. Weintraub a redressé avec elles des courants à la tension de 1000 volts.

Spectre. — Le spectre de l'arc à mercure possède très peu de rouge. On corrige cet inconvénient en prenant comme résistance en tension des lampes à incandescence ordinaires. On obtient un ensemble qui fournit une lumière très agréable, paraît-il, surtout si l'on fait usage d'un globe holo-phane. Les différentes autres solutions que l'on a proposées pour remédier à cette absence de rayons rouges n'ont pas donné de bons résultats. On a proposé, par exemple, de prendre, au lieu de mercure, des amalgames de métaux alcalins. Avec le potassium et le sodium, la lumière est, en effet, orangée, mais le rendement lumineux est affaibli et il y a attaque du verre. L'addition de substances phosphorescentes n'a pas non plus donné de résultats.

A la suite de la conférence, M. PELLAT dit qu'il a expérimenté les lampes à arc au mercure et il estime que l'emploi des bobines de self-induction est utile pour maintenir l'allumage même lorsque la lampe fonctionne à courant continu.

Sur une question de M. Guillaume, M. Marius LATOUR annonce que les lampes à arc au mercure sont employées en Amérique principalement comme redresseurs pour la charge des automobiles. Comme mode d'éclairage elles sont surtout utilisées dans les ateliers de dessin.

M. GUILLAUME montre une ampoule pour lampe à arc au mercure fabriquée à l'aide de quartz (voir t. I, p. 214, 15 avril 1904). On est parvenu, en effet, à travailler le quartz fondu comme on travaille le verre. Le quartz a l'avantage de supporter de grandes différences de température sans se casser. Il doit surtout cet avantage à son faible coefficient de dilatation qui est 18 fois plus faible que celui du platine. De plus, il n'est pas attaqué par le mercure ni par les amalgames et il peut être porté à une température plus élevée que le verre. Mais il offre une difficulté dans la constitution des attaches par suite justement de l'impossibilité de trouver un conducteur aussi peu dilatable que lui. L'iridium dont on se sert a, en effet, un coefficient de dilatation encore 6 fois plus élevé, aussi est-on obligé de recourir à l'emploi d'un mastie pour former le joint. Un

autre inconvénient est le prix élevé actuel des objets en quartz; une ampoule coûte 150^{fr}. Comme autre particularité du quartz, on peut signaler aussi sa transparence pour les rayons ultra-violet que le verre laisse peu passer.

L. J.

Lampe à incandescence au zircon (*Industrie électrique*, t. XIV, p. 74, 25 février). — D'après une communication de M. Wedding à la Société électrotechnique de Cologne, cette nouvelle lampe ne consommerait que 2 watts par bougie, mais exigerait une tension inférieure aux tensions usuelles de distribution : 37 à 44 volts pour les lampes de 10 à 20 bougies; toutefois pour les intensités lumineuses de 60 à 100 bougies on peut, en plaçant plusieurs filaments en série, avoir des lampes à 110 volts. — La fabrication des filaments comprend les opérations suivantes : réduction de l'oxyde de zircon par le magnésium à très haute température dans une atmosphère d'hydrogène; pulvérisation et trituration du produit obtenu avec de la cellulose de manière à obtenir une masse plastique homogène, que l'on étire en fils; carbonisation de ces fils dans une atmosphère non oxygénée. Avec 1^{re} de zircon on peut confectionner 10000 filaments; la lampe revient à 1^{fr},90 environ; sa durée est de 700 à 1000 heures.

BREVETS RÉCENTS.

Éclairage par arc : BASTIANS et WEHRMANN. BP. 2676, 1904. — CARBONE. BF. 346738, 1^{er} octobre 1904; USAP. 773442, 19 avril 1904. — COTIS. BP. 27060, 1903. — DAVIS et HUBBELL. USAP. 781937, 7 juillet 1904. — DAVY. BP. 21235, 1903. — FISH. USAP. 779539, 24 juin 1901. — GENERAL ELECTRIC CO. DRP. 158542, 7 août 1902. — GROSS. DRP. 158661, 17 sept. 1903 (lampe à charbons convergents); BP. 1625, 1904. — HENDRICKS. USAP. 778489, 30 mars 1904. — KINRAIDE. USAP. 774758, 25 mai 1904. — LEWIS. BP. 27199, 1903. — LUX. USAP. 779948, 8 juin 1904. — MENNING. BP. 3243, 1904. — NISCH. BP. 26157, 1904. — PUYOT (de). DRP. 157860, 29 janvier 1903 (lampe à arc sans mouvement d'horlogerie). — SAFFORD. USAP. 777146, 19 août 1903. — SCIALPI. BP. 4062, 1904. — SIFE. BP. 26260, 1904. — SOCIÉTÉ BADISCHE ANILIN SODA FABRIK. BF. 347458, 27 oct. 1904 (procédé servant à atténuer le décalage de phases dans les circuits à arcs). — THOMSON-HOUSTON. BP. 2715, 1904. — **Charbons** : LEVIS. BP. 4134, 1904 (charbon pour lampe à arc). — RUSSO. BP. 4944, 1904. — SIEMENS (GEBRUD.). DRP. 157833, 14 janvier 1902 (charbons imprégnés pour lampe à arc). — THOMSON-HOUSTON COMPANY. BP. 2456, 1904 (filament pour lampes à arc). — **Suspensions, régulateurs et accessoires** : BECK. DRP. 157720, 12 déc. 1903 (régulateur pour arc). — BISSON, BERGES et C^{ie}. BP. 348225, 24 nov. 1904 (commande des charbons pour lampe en V). — BREMER, USAP. 777490, 26 mars 1903 (régulateur pour charbons parallèles ou convergents). — CROMPTON et C^{ie} LIMITED. BP. 5161, 1904 (régulateur). — GANZ et C^{ie}. DRP. 158498, 25 juillet 1903 (régulateur à arc alternatif). — HARDAN. BP. 19422, 1904. — HENDERSON. USAP. 777631, 20 mars 1903 (commutateur pour circuit de lampes à arc). — IMRAY. BP. 6218, 1904 (suspension automatique). — SIEMENS GEBRUD. et C^{ie}. DRP. 157836, 31 janv. 1903 (dispositif de sûreté pour le réflecteur de lampes à arc). — SIEMENS et HALSKE. DRP. 158660, 4 avril 1903 (régulateur pour lampe à charbons convergents). — STEVENSON. USAP. 778911, 22 déc. 1903 (suspension automatique pour lampes à arc). — STOWE. USAP. 778913, 28 oct. 1903 (rhéostat pour lampes à arc).

Éclairage par incandescence : Lampes à filament : MEYERS. USAP. 780613, 24 nov. 1902. — PAGE. USAP. 781016, 18 mars 1904. — RECKLINGHAUSEN (von). BP. 2495, 1904.

BIBLIOGRAPHIE (').

La télégraphie sans fil et les ondes électriques, par J. BOULANGER et G. FERRIÉ ; 5^e édition, augmentée et mise à jour. Berger-Levrault et C^{ie}, éditeur, 5, rue des Beaux-Arts, Paris, 1904. Prix : broché, 4^{fr}.

L'éloge de cet ouvrage n'est plus à faire. D'ailleurs la faveur avec laquelle le public a accueilli les quatre premières éditions de l'ouvrage de MM. Boulanger et Ferrié (dont la 1^{re} édition parut en 1899) montre assez que les auteurs ont su résumer et mettre nettement au point les questions intéressantes de la nouvelle télégraphie.

Le plan général de l'ouvrage reste le même : un exposé sommaire et des plus clairs de la théorie de Maxwell et des expériences de Hertz précède les descriptions relatives à la télégraphie sans fil proprement dite. — Signalons parmi les chapitres qui ont reçu de notables et intéressantes additions : les théories de la télégraphie sans fil ; la syntonisation ; description détaillée des organes de réception. A noter également un nouveau chapitre sur le fonctionnement des antennes et un résumé des expériences récentes faites en France (tant à la métropole qu'aux colonies : Martinique, Guadeloupe) et de celles entreprises par M. Marconi à très grande distance.

Les conclusions des auteurs demeurent celles des précédentes éditions : « La télégraphie sans fil ne peut pas remplacer les procédés de communication employés jusqu'à ce jour. Chaque fois que l'on en reconnaîtra la possibilité, il sera toujours préférable d'avoir recours à ces procédés, qui ont pour eux l'avantage de la simplicité. Néanmoins, dans bien des cas, la télégraphie sans fil sera un complément précieux qu'on ne saurait négliger. Sur mer elle constitue, le plus souvent, le seul moyen de communication possible, et il est aisé de concevoir des circonstances où il en serait de même à terre, notamment dans les opérations militaires. »

A. TURPAIN.

Causeries sur le radium et les nouvelles radiations, par GEORGES CLAUDE. Un volume format 25^{cm} × 16^{cm}, 132 pages, 44 figures. V^e Ch. Dunod, éditeur, 49, quai des Grand-Augustins, Paris. Prix : broché, 3^{fr}.

Nous avons déjà dit le bien que nous pensions de ces *Causeries* en présentant à nos lecteurs, dans le numéro du 30 novembre, la 5^e édition de *L'Électricité à la portée de tout le monde*, à laquelle ces *Causeries* étaient jointes. Ajoutons que le tirage à part qui vient de paraître a été légèrement remanié pour en faire un tout indépendant et n'exigeant, pour être compris, aucune lecture préalable.

J. B.

Étude pratique des courants alternatifs simples et polyphasés et de leurs principales applications industrielles, par HENRY CHEVALLIER. Un volume format 24^{cm} × 16^{cm}, 362 pages, 427 figures, Ch. Béranger, éditeur, 15, rue des Saints-Pères, Paris. Prix : relié, 15^{fr}.

Traiter complètement les propriétés des courants alternatifs ainsi que le fonctionnement des appareils qui les engendrent, les transforment, les utilisent ou les mesurent, sans supposer au lecteur des connaissances plus étendues que celles acquises dans les classes de Mathématiques élémentaires, est le but que s'est proposé l'auteur. Disons immédiatement qu'il l'a atteint, car la notion mathématique la plus élevée qu'on y rencontre est celle de la dérivée et encore ne l'avons-nous remarquée qu'une seule fois.

Pour entreprendre une telle tâche en faisant œuvre vraiment didactique et sans tomber dans la vulgarisation, il fallait non seulement une certaine vaillance, comme le dit M. Gossart, professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux, dans la préface qu'il a écrite pour cet ouvrage, mais encore une connaissance approfondie du sujet et surtout une pratique expérimentale très développée. Docteur ès sciences, sous-directeur du Laboratoire d'électricité industrielle, professeur à l'École supérieure d'Industrie de Bordeaux, M. Chevallier se trouvait en possession de l'une et de l'autre ; aussi lorsque, il y a trois ans, M. Gossart le pria de le suppléer au Cours public d'Électricité industrielle et d'y exposer les propriétés des courants alternatifs, il sut immédiatement mettre ses leçons à la portée des auditeurs qui fréquentent ce cours. Ce sont ces leçons qui forment la matière de l'ouvrage qui vient d'être publié.

Par sa genèse même, cet ouvrage s'adresse donc principalement aux sous-ingénieurs, contremaîtres, ouvriers mêmes, en un mot aux professionnels de l'Électricité. Est-ce à dire que les ingénieurs et les professeurs ne peuvent tirer profit de sa lecture ? Nous ne le pensons pas ; nous croyons même le contraire. D'une part, il est toujours profitable de retrouver sous une forme élémentaire, mais correcte, des choses que l'on a étudiées en utilisant des notions mathématiques élevées qui parfois masquent le côté physique des phénomènes. D'autre part, l'extension toujours croissante des applications des courants alternatifs met souvent ingénieurs et professeurs dans l'obligation d'expliquer élémentairement les phénomènes complexes que ces courants mettent en jeu : en cette occurrence, un bon guide est précieux. Aussi recommandons-nous à tous, indistinctement, la lecture de l'excellent volume dont M. Chevallier vient d'enrichir la littérature électrique française.

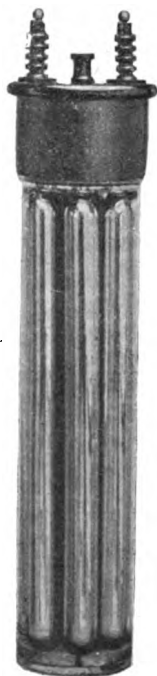
J. BLONDIN.

(') Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Condensateurs industriels.

Bien des tentatives ont été faites pour réaliser des condensateurs industriels, c'est-à-dire capables de résister aux hautes tensions aujourd'hui employées dans la transmission de l'énergie et ayant une capacité suffisante sans cependant avoir des dimensions prohibitives.



Il y a quelques mois nous signalions, dans cet ordre d'idées, les essais faits par M. Moscicki (voir t. II, p. 178, 30 sept. 1904), essais qui accusaient d'excellents résultats.

Ces résultats viennent d'être confirmés par l'application de ces condensateurs à la solution de deux problèmes différents de l'électrotechnique. La première application est la réalisation du dispositif préconisé par Lodge pour l'inflammation des moteurs d'automobiles (voir t. III, p. 89, 15 février 1905). Cette réalisation a montré que l'encombrement de l'ensemble est assez faible pour qu'on puisse l'utiliser non seulement dans les automobiles, mais encore sur les motocyclettes, malgré le peu de place dont on dispose dans ce dernier cas.

L'autre application consiste dans l'emploi de ces condensateurs comme protecteurs contre les surélévations de

tensions dues aux décharges atmosphériques oscillantes. Placés en dérivation entre la ligne à protéger et la terre, les condensateurs opposent, en effet, une résistance presque absolue au passage des courants de fréquence ordinaire, tandis qu'ils laissent passer les courants de haute fréquence induits par les décharges atmosphériques. Utilisés dans ces conditions sur une ligne de transmission à 8000 volts, les condensateurs Moscicki ont donné, comme il dit page 155, « une solution très satisfaisante du problème de la protection des lignes ».

Rappelons que les condensateurs Moscicki sont simplement constitués par des tubes de verre, de composition spéciale, et dont l'épaisseur est renforcée, au voisinage des bords, des armatures qui sont collées sur les parois de ces tubes; la figure ci-dessus représente un condensateur à plusieurs éléments.

Sociétés savantes et techniques.

ACADÉMIE DES SCIENCES. — Nous sommes obligés de remettre au prochain numéro la publication des analyses des Notes présentées à l'Académie des Sciences.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE. — Dans sa dernière réunion, le Bureau de cette Société a décidé que la

durée de l'Exposition de Pâques serait dorénavant augmentée de 1 jour; cette année cette Exposition se tiendra du jeudi 20 au samedi 29 avril. En même temps aura lieu, dans les locaux du Musée pédagogique, une exposition relative aux manipulations de physique que les nouveaux programmes d'enseignement ont mises en pratique dans les Lycées et Collèges; cette exposition spéciale durera jusqu'au 4 mai.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS. — La séance du 1^{er} mars a débuté par une Communication de M. Brylinski sur les surtensions dans les réseaux de distribution; M. Bainville a ensuite présenté la lampe au tantale et fait connaître quelques résultats d'essais faits sur cette lampe par M. Laporte; M. Latour a présenté au nom de M. Weintraub quelques considérations sur la lampe à arc au mercure; les analyses de ces communications sont données dans ce numéro, pages 154 et 157.

Informations diverses.

TÉLÉGRAPHIE. — Un nouveau navire pour la pose et la réparation des câbles sous-marins, le *Cambria*, vient d'être construit pour le compte de la Telegraph Construction and Maintenance Co. Il a 90^m de longueur, 11^m,10 de largeur maximum et est muni de deux hélices lui permettant de marcher à 12 nœuds à l'heure.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — Suivant une information de *The Electrician*, du 9 septembre, le Sous-Secrétaire d'Etat de l'Agriculture, aux États-Unis, a décidé l'établissement d'avertisseurs d'incendie automatiques, fonctionnant par la télégraphie sans fil, dans toutes les forêts soumises au contrôle du Gouvernement.

— D'après *The Electrician* du 4 novembre, la Société de Forest va établir, pour faciliter la navigation sur les grands lacs des États-Unis, des dispositifs de télégraphie sans fil qui permettront aux capitaines des bateaux de déterminer la direction et la distance des endroits dangereux. A cet effet, 52 stations de télégraphie sans fil, pouvant fonctionner automatiquement, seront installées à proximité des points les plus dangereux. La portée moyenne de ces stations sera de 11^{km}. Elles ne seront pas constamment en activité, mais seulement mises en service par des gardiens, en cas de tempête ou de brouillard. Chaque station télégraphique comme signal d'avertissement un groupe de lettres déterminé qui sera sa caractéristique. Un bateau, approchant d'une de ces stations à moins de 11^{km}, pourra ainsi s'orienter facilement s'il est muni des appareils récepteurs correspondants. Si les signaux deviennent plus forts c'est que le navire se rapproche du point dangereux; il s'en éloigne, au contraire, lorsque les signaux s'affaiblissent. Une disposition électrique particulière, nommée *localisateur*, permet en outre, paraît-il, de déterminer exactement la direction d'où viennent les signaux; mais les données manquent sur ce localisateur.

II.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

- I. Les installations électriques de la ligne de Paris à Juvisy**, par P. BOURGUIGNON, p. 161.
- II. Génération et Transformation** : Piles et accumulateurs, p. 171 et 172. — **Transmission et Distribution** : Application des moteurs synchrones au réglage du facteur de puissance et de la tension en ligne, par B. G. LAMME; Sur les surtensions dans les conducteurs et les appareils, par G. SEIBT; Brevets récents, p. 173 à 178. — **Applications mécaniques** : Moteurs à courant alternatif, par C.-P. STEINMETZ; etc.; Brevets récents, p. 179 et 180. — **Traction** : Roues en fonte et roues à bandage d'acier; Emploi du chlorure de calcium pour l'enlèvement du verglas sur le rail de contact; Accumulateurs hydrauliques et récupération de l'énergie; Brevets récents, p. 181 et 182. — **Télégraphie et Téléphonie** : Manipulateurs électromagnétiques pour la télégraphie; Dispositifs de télégraphie et téléphonie sans fil; Brevets récents, p. 183 à 185. — **Mesures et Essais** : Pont et potentiomètre Thiermann, p. 186 et 187. — **Divers** : p. 188 et 189.
- III. Bibliographie** : Traité pratique du transport de l'énergie par l'électricité, par Louis BELL; La machine dynamo à courant continu, par E. ARNOLD, p. 190.
- IV. Variétés, Informations** : La télégraphie sans fil en Angleterre et aux États-Unis; Sociétés savantes et techniques; Informations diverses, p. 191 et 192.

LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES DE LA LIGNE DE PARIS A JUVISY ⁽¹⁾.

TABEAU DE DISTRIBUTION GÉNÉRAL. — Le tableau de distribution à haute tension est placé à une extrémité de la salle des machines, à droite de l'entrée, sur une passerelle entièrement en fer et ciment, surélevée de 3^m,50 et garnie de revêtement en faïence.

Il comprend trois parties : 1° en avant, un tableau, forme pupitre, comportant les appareils de manœuvre des alternateurs et excitatrices, ainsi que les appareils de mesure. La haute tension n'arrive pas à ce tableau, tous les appareils sont insérés par transformateurs placés en arrière, et les manœuvres d'interrupteurs se font à distance par tiges et renvois d'angle; 2° en arrière se trouvent les panneaux de départ des feeders avec les interrupteurs correspondants; 3° au troisième plan, logés dans des niches en fer et carreaux de ciment, se trouvent les interrupteurs des alternateurs et les transformateurs des appareils de mesure. A la partie supérieure, des commutateurs à lame montés sur isolateurs en verre et manœuvrables seulement à vide permettent de mettre en

relation un feeder, soit avec l'un, soit avec l'autre système de barres omnibus.

Les figures 9 à 12 représentent quelques vues du tableau de distribution. La vue générale en est donnée en figure 9; la partie antérieure en forme de pupitre est montrée à la figure 10; en figure 11 est représenté un des panneaux de cette partie du tableau; enfin la figure 12 donne une vue en bout du tableau montrant les trois parties qui la constituent.

Les connexions de ce tableau sont représentées sur la figure 13; la figure 14 montre la disposition des appareils et conducteurs, sur les trois parties du Tableau qui est représenté coupé transversalement.

Sur le Tableau antérieur, en commençant par la droite, on trouve d'abord les panneaux d'alternateurs.

Ces panneaux (*fig. 11*) comprennent : 1° un interrupteur à huile type FK General Electric Co; 2° un interrupteur commutateur à deux directions, également à huile, permettant de relier chaque al-

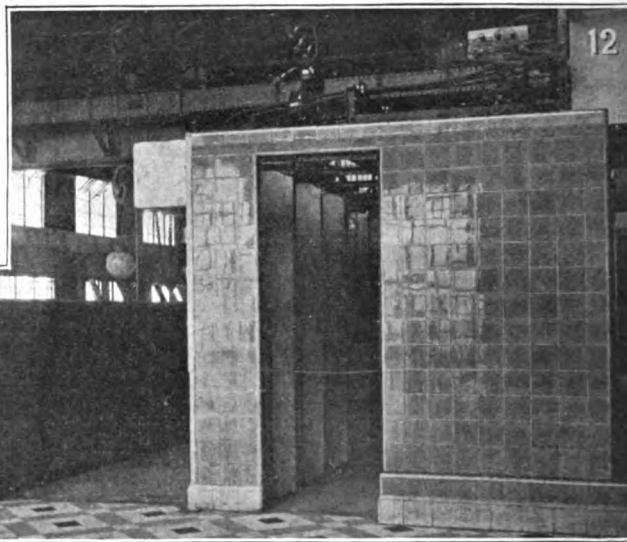
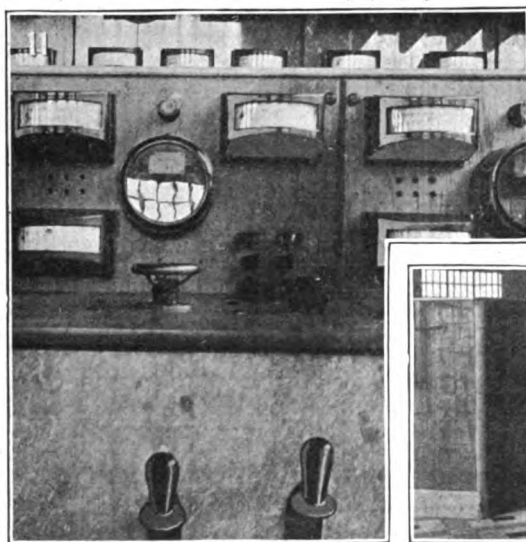
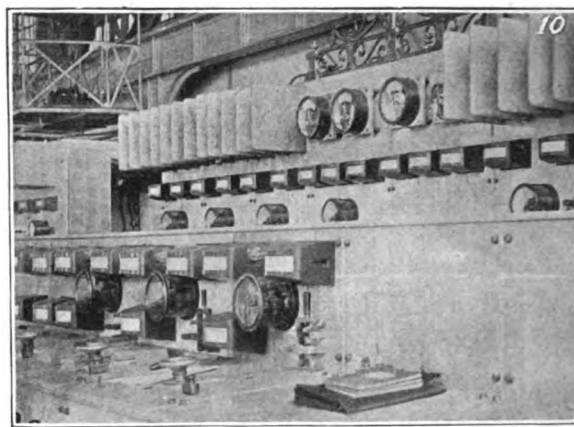
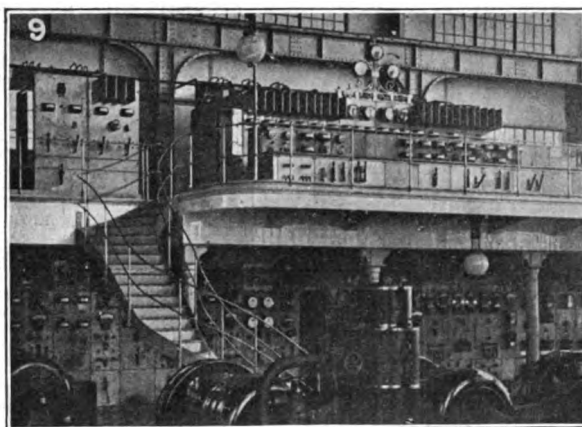
(1) Voir les précédents articles, t. II, p. 321, et t. III, p. 5.

ternateur à l'un ou à l'autre système des barres omnibus; 3° la manette du rhéostat de champ de l'alternateur placée sur la partie inclinée du pupitre, le corps du rhéostat étant suspendu au plancher de la passerelle; 4° un interrupteur de champ avec résistance de décharge; 5° les appareils de mesure :

ampèremètre général, ampèremètre d'excitation, compteur à champ tournant pour charges équilibrées; 6° un appareil synchroniseur « slow-fast » placé en bout à droite est commun à tous les panneaux.

A la suite des panneaux d'alternateurs est un

Fig. 9 à 12.



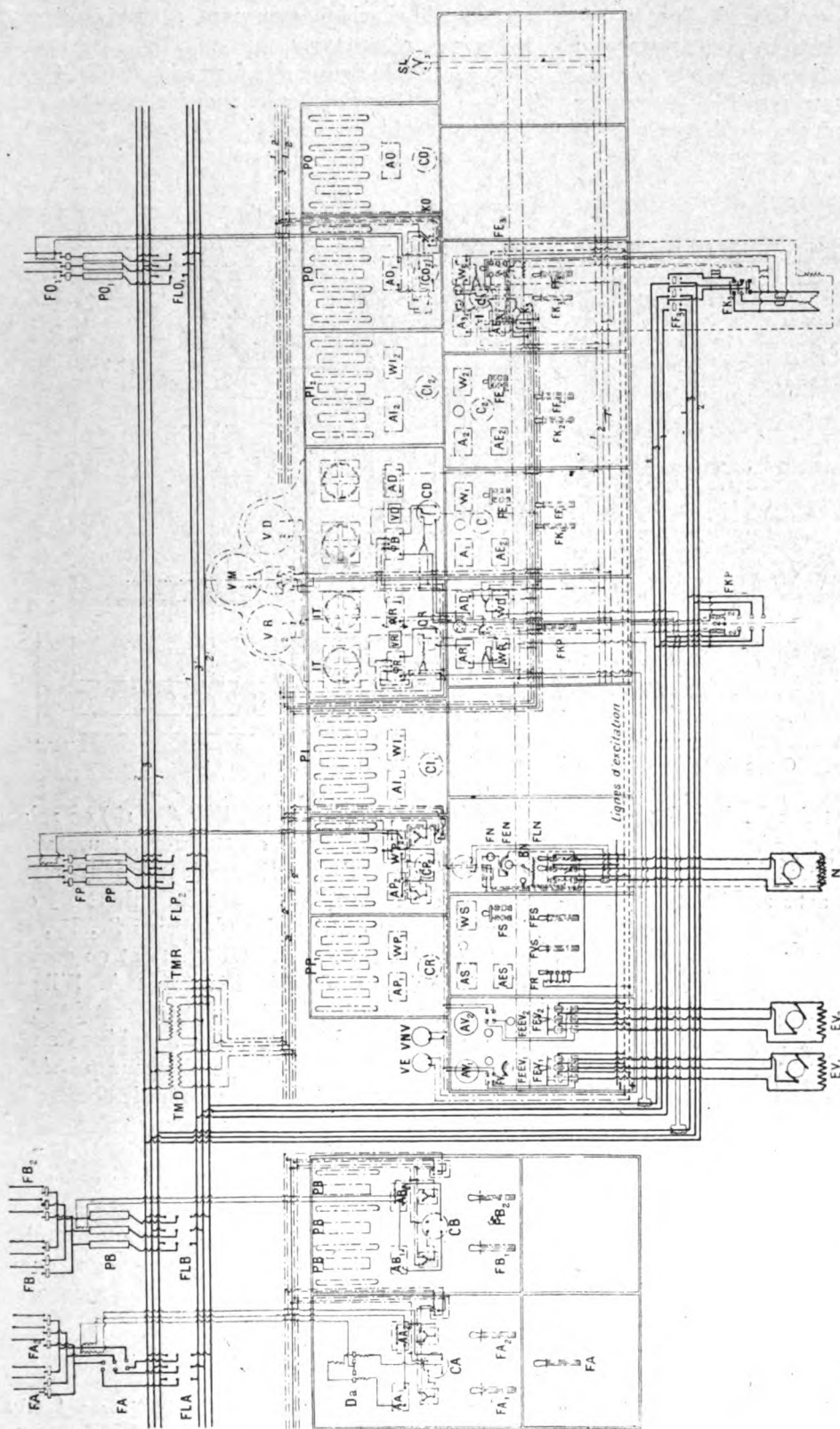
Vues du tableau de distribution général de l'usine d'Ivry.

panneau totalisateur avec interrupteur de sectionnement ou mise en parallèle des deux systèmes de barres omnibus.

Viennent ensuite les panneaux d'excitatrices, relatifs: le premier, à l'excitatrice mue par moteur synchrone avec les appareils de démarrage et synchronisation; les deuxième et troisième aux excitatrices mues par moteur à vapeur.

Les panneaux de feeders, au second plan, se présentent dans l'ordre suivant: 1° panneaux de la sous-station du quai d'Orsay (deux identiques) avec fusibles tripolaires, ampèremètre, compteur et interrupteur; 2° panneau de départ pour la sous-station de traction de l'usine même; 3° deux panneaux de totalisation des barres omnibus avec ampèremètre, voltmètre, indicateur de cosinus,

Fig. 13. — Légende du Tableau général de couplage et distribution à haute tension d'Ivry.



1^o La première lettre indique la nature de l'appareil;

2.° La lettre suivante indique la machine ou le feeder qui interesse l'appareil;

3° Le chiffre terminant le groupe de lettres désignant un appareil indique qu'il appartient au feeder ou à la machine n° 1, n° 2, n° 3.

A Ampèremètre.

C. Compteur.

1) a Disjoncteur automatique.

EV Excitatrice à vapeur.

f Fiche de voltmètre.

F. Interrupteurs.

FE Interrupteur d'excitation.

FF : » à huile deux directions.

FK » à huile.

FL Interrupteur à lame.

I Indicateur de terre.*

K. Fiche double direction pour compteur ou volt-
mètre.

I Fiche de Lincoln.

R Rhéostat de champ.

TM. Transformateur de mesure.

U Alternateur.

W Wattmètre.

Indicateur de cosinus.

A Feeder sous-station d'Ablon.

B » des pompes.

D Barres bleues.

E Barres excitatrices des alternateurs.

I Feeder sous-station d'Ivry.

N Excitatrice accouplée au moteur synchrone.

O Feeder sous-station d'Orsay.

P » des ateliers de Paris.

R Barres rouges.

S Moteur synchrone d'ex

V Excitatrice à vapeur.

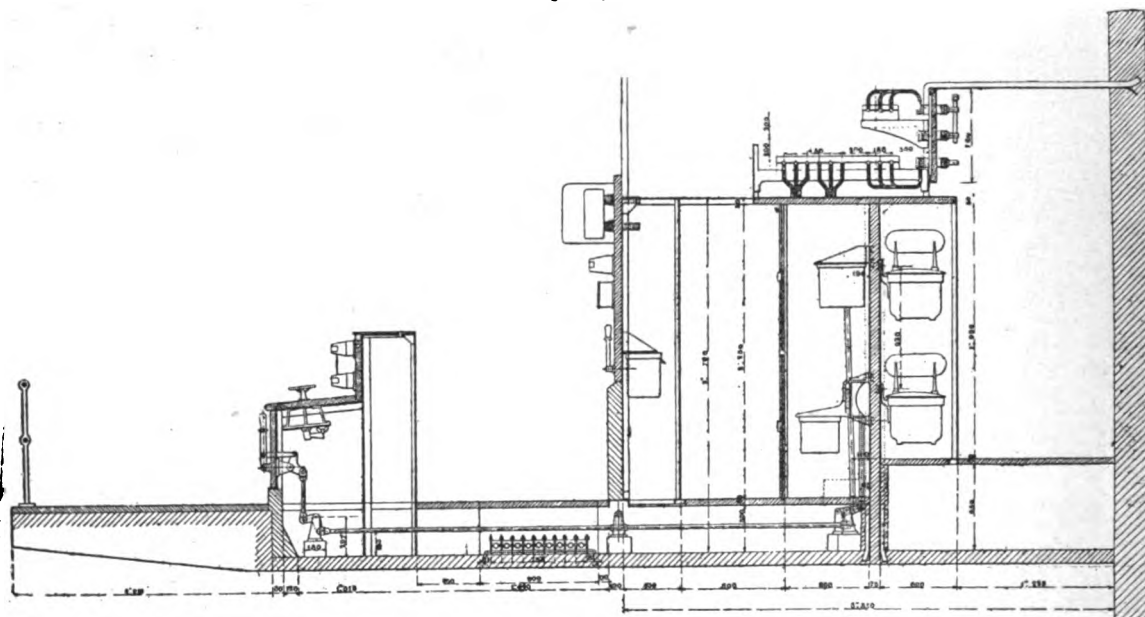
1000 JOURNAL OF CLIMATE

compteur totalisateur; en haut de chacun sont aussi deux indicateurs de terre; 4° un panneau de départ pour la sous-station d'éclairage située à l'usine même avec ampèremètre, wattmètre, compteur; 5° deux panneaux de départ pour les

ateliers de Paris comprenant : ampèremètre, wattmètre, compteur.

A gauche de l'ensemble formant un bloc isolé se trouvent deux tableaux jumelés, visibles sur la photographie 9 à gauche de l'escalier. Ce sont :

Fig. 14.

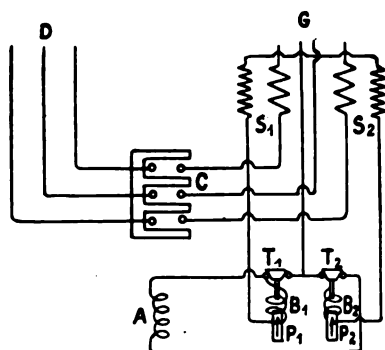


Coupe du tableau de distribution général de l'usine d'Ivry.

1° un tableau de départ des feeders des pompes comportant ligne double avec interrupteur, ampèremètre, compteur; 2° un tableau de départ du double feeder d'Ablon avec ampèremètre, inter-

rupteur sur chaque feeder et un interrupteur général commandé par relais de déclenchement et formant disjoncteur à maximum. La commande de ce dernier relais est faite par deux bobines distinctes B_1 , B_2 (fig. 15) en relation par l'intermédiaire de transformateurs avec deux des phases S_1 , S_2 . En cas de fonctionnement normal du réseau le courant dans B_1 et B_2 est insuffisant pour attirer les plongeurs P_1 , P_2 , de sorte que les taquets T_1 et T_2 mettent en court-circuit la bobine de déclenchement A . S'il se produit une surcharge dépassant une certaine valeur sur une des phases S_1 , S_2 , la bobine de relais correspondante soulève le plongeur qui vient buter le taquet supérieur et rompre le court-circuit jusqu'alors maintenu par lui sur la bobine A . Le réglage se fait simplement en modifiant la position relative des plongeurs et bobines de relais au moyen d'écrous de réglage.

Fig. 15.



rupteur sur chaque feeder et un interrupteur général commandé par relais de déclenchement et formant disjoncteur à maximum.

La commande de ce dernier relais est faite par

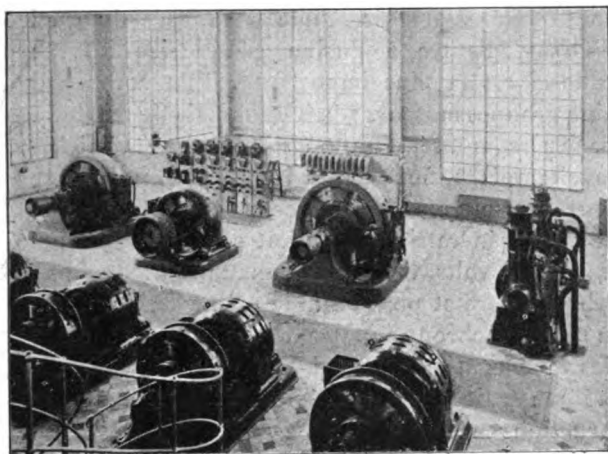
Le tableau général est surmonté de trois voltmètres Hartmann-Braun 5000-7000 volts, donnant, l'un le voltage des barres rouges, l'autre le voltage des barres bleues et le troisième le voltage de l'alternateur avant couplage.

Sous-station de traction d'Ivry. — Cette

sous-station (*fig. 16*) est placée à l'usine même dans l'angle opposé au tableau général (*voir* le plan de l'usine donné page 7 du numéro du 15 janvier).

Elle comprend, en sous-sol, deux transformateurs de 500 kilovoltampères, abaissant la tension de 5500 à 370 volts environ, représentés en H, H', H'' sur la figure de la page 7, et trois trans-

Fig. 16.



Sous-station de traction de l'usine d'Ivry.

Fig. 17.

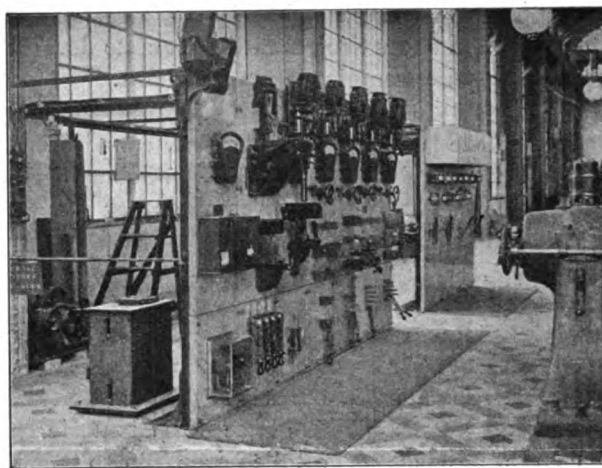


Tableau de distribution de la sous-station de traction.

Fig. 18.

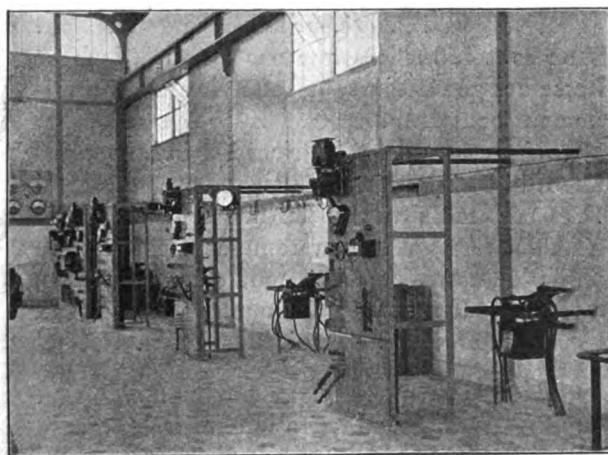
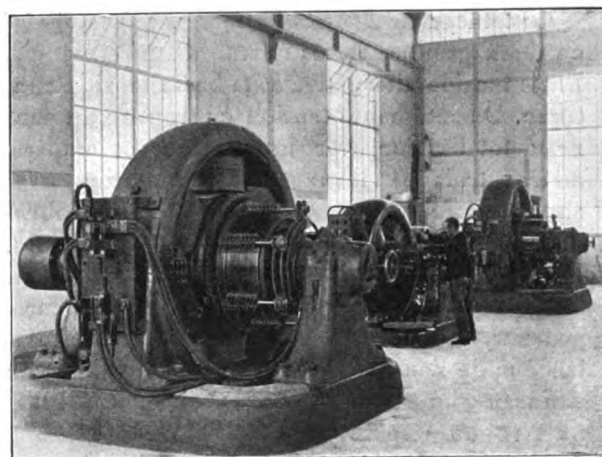


Tableau de distribution de la sous-station d'Ablon.

Fig. 19.



Commutatrices de 500 kilowatts de la sous-station d'Ablon.

formateurs de 80 kilovoltampères, montage en triangle avec régulateur de potentiel.

Le matériel convertisseur se compose de trois commutatrices :

Une commutatrice, 250 kilovoltampères, 370-550 volts, 7500 t : m (représentée en D' sur la figure de la page 7), alimentée par les trois transformateurs montés en triangle et avec insertion

de régulateur de potentiel prévu pour permettre la recharge de la batterie. Le matériel ne fonctionne qu'exceptionnellement; il provient de la sous-station primitive d'Austerlitz.

Deux commutatrices (D, figure de la page 7) de 500 kilovoltampères hexaphasées, 370-550 volts, 500 t : m, alimentées par les transformateurs de 500 kilovoltampères. Ces machines sont prévues

avec enroulement compound soustractif et une bobine de self-induction triphasée intercalée sur l'alimentation. L'effet est de modifier la courbe donnant la valeur de la tension aux bornes continues en fonction de la charge et de faire entrer un peu en jeu plus ou moins la batterie tampon. Un commutateur permet de mettre l'enroulement compound additif ou de marcher avec l'excitation shunt seulement. C'est cette dernière marche qui est employée actuellement.

La sous-station comprend en outre un survolteur (F, de la figure de la page 7), constitué par une dynamo tétrapolaire 250 volts, 300 ampères, pouvant être entraînée par courroie par une des commutatrices et destinée à recharger à fond la batterie. Cette opération a lieu une fois par semaine.

Ces moteurs sont associés à une batterie d'accumulateurs Tudor de 290 éléments d'une capacité de 1100 ampèreheures à la décharge en une heure. La tension d'équilibre de la batterie (ni charge, ni décharge) est d'environ 580 volts. Les éléments ont 0^m,575 de hauteur, 1^m,165 de longueur, 0^m,423 de largeur. Ils peuvent recevoir au maximum 21 plaques positives et 20 plaques négatives du poids de 9^{kg},5 environ.

Le tableau de distribution (*fig. 17*) est divisé en deux groupes de panneaux distincts pour la haute tension alternative et la basse tension continue. Du côté haute tension on trouve : un panneau totalisateur avec interrupteur et ampèremètre; trois panneaux de convertisseurs avec ampèremètre, voltmètre, voltmètre de synchronisme, lampes de phase, fusibles et interrupteurs. Du côté basse tension : un panneau totalisateur avec voltmètre, ampèremètre, ampèremètre enregistreur, voltmètre enregistreur, compteur totalisateur de l'énergie livrée au troisième rail; un panneau comprenant un disjoncteur général jusqu'à 10000 ampères, un interrupteur général et deux groupes de départs doubles pour sections du troisième rail de part et d'autre de l'usine; ces départs munis d'interrupteurs forment sectionnement; un panneau pour charge et décharge de la batterie comprenant : ampèremètre charge et décharge, disjoncteur automatique maximum et minimum, commutateur permettant d'insérer ou non le survolteur; un panneau de survolteur avec ampèremètre, rhéostat de champ, interrupteur de mise en tension avec les convertisseurs; trois

panneaux de convertisseurs avec rhéostat de démarrage, interrupteur, rhéostat d'excitation, interrupteur de champ, disjoncteur automatique. Le cos φ moyen des convertisseurs est 0,9.

SOUS-STATION D'ÉCLAIRAGE D'IVRY. — L'éclairage des gares d'Orsay, Austerlitz, Ivry est assuré par une distribution à 5 fils alimentée par deux sous-stations placées, l'une à la gare du quai d'Orsay, l'autre à l'usine génératrice d'Ivry; celle-ci est la plus importante. Elle comprend cinq groupes moteurs générateurs (E, figure de la page 7) composés d'un moteur synchrone 125 kilovoltampères, 500 t. m., à induit fixe, inducteur tournant, alimentation directe sous 5500 volts, et d'une génératrice à courant continu 100 kilowatts, 500 volts, 6 pôles, commandée directement arbre à arbre et portée sur le même socle que le moteur synchrone (quatre de ces groupes sortent des anciens ateliers Postel-Vinay, le cinquième a été construit par la Société Alsacienne de Constructions mécaniques).

On a donné la préférence à des groupes moteurs-générateurs de ce genre sur des commutatrices parce que la tension recueillie aux bornes du courant continu n'est pas influencée par les variations de tension du côté alternatif provenant des variations de charge sur le réseau de traction. Ils ne sont influencés que par les variations de vitesse des générateurs, or cette vitesse est pratiquement constante.

Trois groupes d'égalisatrices à 4 induits complètent la distribution à 5 fils.

Les tableaux situés au-dessous de la passerelle du tableau général comprennent un panneau double (alternatif-continu) pour chaque groupe, un totalisateur et un certain nombre de panneaux de départ de feeders et de circuits d'arcs.

SOUS-STATIONS D'ABLON ET DU QUAI D'ORSAY. — On a vu, dans la description générale, que le courant haute tension produit à l'usine d'Ivry était transmis en partie à une sous-station de traction située près d'Ablon, et à l'ancienne sous-station de traction et éclairage de la gare du quai d'Orsay.

La composition de la sous-station d'Ablon est la même que celle de la sous-station d'Ivry décrite plus haut. Les tableaux (*fig. 18*) ne diffèrent que par la répartition. Les panneaux haute tension et basse tension de chaque convertisseur ont été

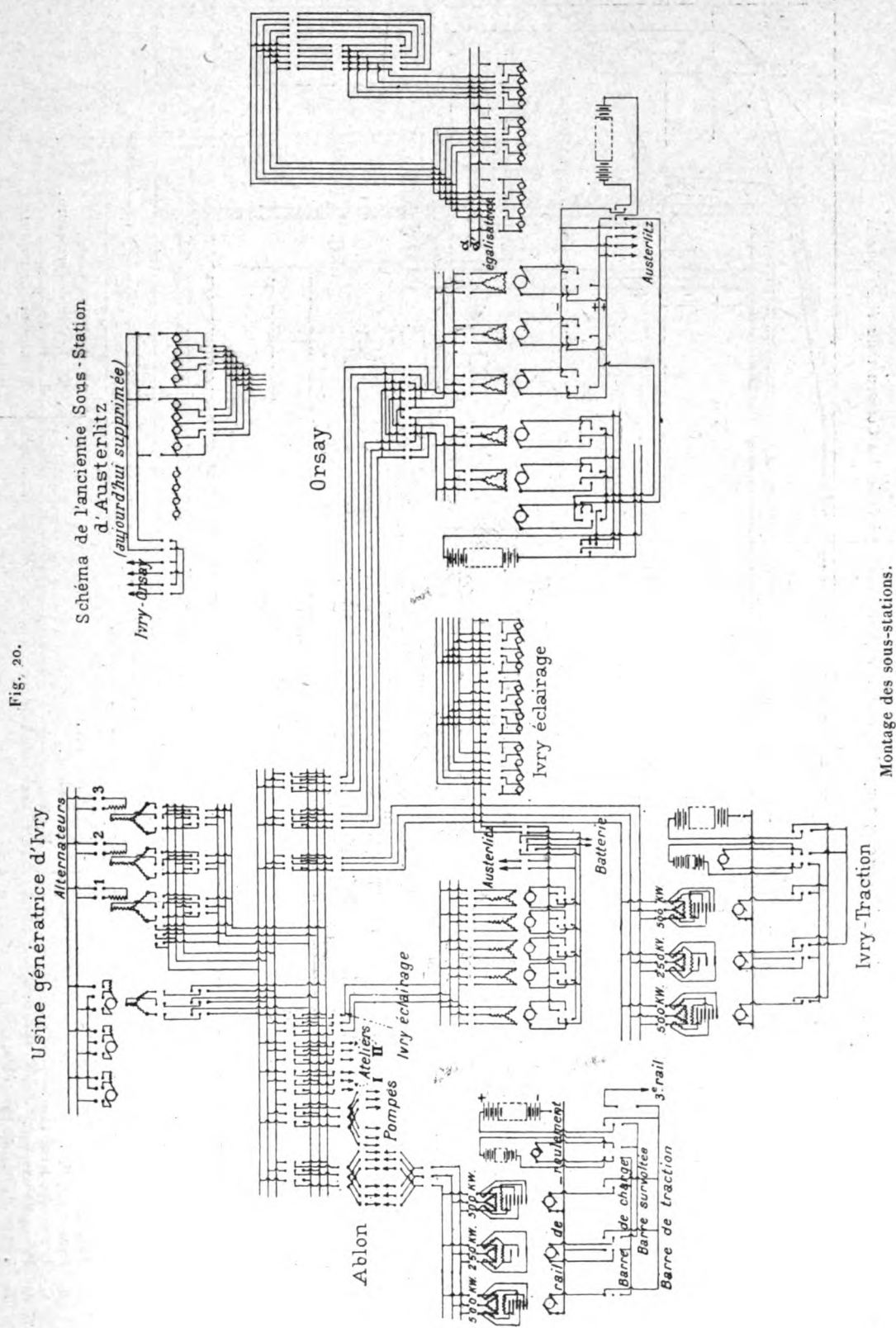
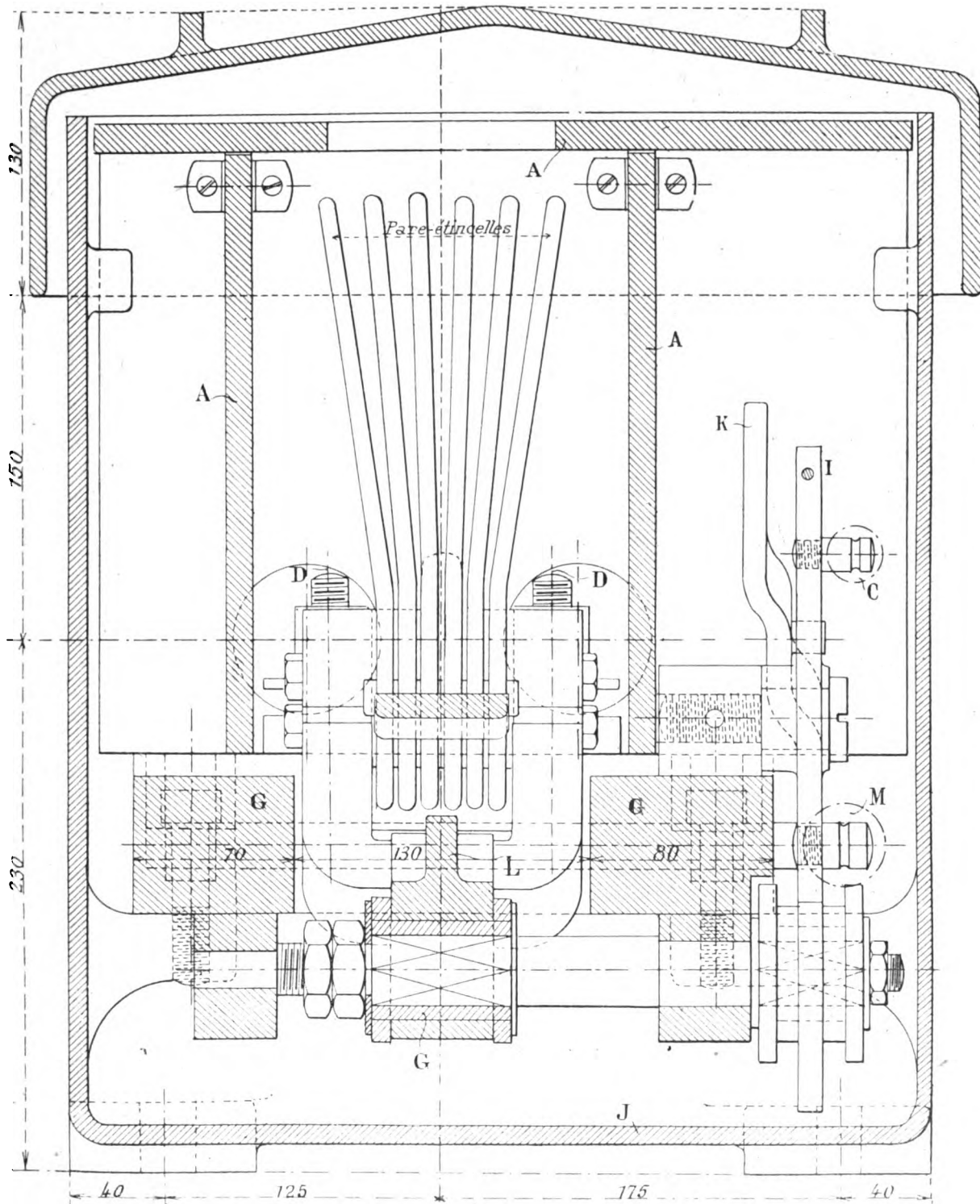


Fig. 22.



Interrupteur de sectionnement; coupe transversale.

6..

rapprochés et chaque ensemble a été placé en face du convertisseur correspondant (*fig. 19*). Un panneau totalisateur et de survolteur de charge et décharge de la batterie complète le tout. Ces transformateurs sont placés en sous-sol. A la sous-station d'Ablon a été annexée une batterie plus puissante qu'aux autres sous-stations. Elle comprend 290 éléments Union d'une capacité de 1500 ampèreheures au régime de décharge en 1 heure, et pouvant débiter momentanément 2000 ampères.

La sous-station de traction de la gare du quai d'Orsay est située dans la partie est de la gare; elle est moins importante que les précédentes, rien n'y a été modifié depuis 1900. Elle comprend deux convertisseurs rotatifs de 250 kilov.-amp., 750 t.m, tétrapolaires, alimentés chacun par trois transformateurs monophasés de 90 kilov.-amp. à insufflation d'air, avec bobine de self et régulateur de potentiel. Une batterie identique à celle d'Ivry est annexée à l'installation.

La sous-station d'éclairage de la gare du quai d'Orsay, située dans le même local, comporte trois groupes moteurs-générateurs du type déjà décrit, marchant en parallèle avec une batterie de 200 éléments 300 ampèreheures avec réduction automatique qui constitue une réserve pour l'éclairage de la gare et de l'Hôtel Terminus.

Le rendement des convertisseurs installés dans les diverses sous-stations est : pour les machines de 250 kilowatts, 90 pour 100 à pleine charge, 85,5 à demi-charge; pour les machines de 500 kilowatts, 92,5 pour 100 à pleine charge, 88,4 à demi-charge. Ces chiffres s'appliquent à l'ensemble transformateur et convertisseur.

Le rendement des groupes moteurs-générateurs atteint, défalcation des pertes, 85 pour 100 à pleine charge et 83 pour 100 à demi-charge (1).

Ensemble de l'installation. — Le schéma général du montage de l'usine et des sous-stations est représenté par la figure 20.

CANALISATION A HAUTE TENSION. — L'usine génératrice est reliée aux sous-stations du quai d'Orsay et d'Ablon par un double feeder souterrain en câble triphasé armé. Les câbles s'étendant jusqu'à la gare du quai d'Orsay et installés depuis 1900 ont été fournis par la Société des Téléphones, ceux constituant les feeders d'Ablon sont fabriqués par la maison Berthoud-Borel, qui

a bien voulu nous communiquer à ce sujet les renseignements suivants :

Ces câbles à trois conducteurs de 80^{mm} chacun, torsadés, isolés à la cellulose imprégnée d'isolant, ont été établis pour pouvoir assurer un fonctionnement à 10000 volts dans l'avenir. L'épaisseur de l'isolant est de 10^{mm} entre conducteurs et entre conducteurs et plomb. Ils sont revêtus d'une double couche de plomb avec interposition d'une couche de brai et revêtement par un double enroulement de feuillards d'acier de 1^{mm} chacun, séparés du plomb par une couche épaisse de filin goudronné. Une toile goudronnée enrobe le tout. Les câbles ont été placés directement en terre ou dans le ballast.

La capacité kilométrique d'un toron par rapport aux autres et au plomb est de 0,163 microfarad; celle de 3 torons par rapport au plomb est de 0,288 microfarad, ce qui donne, pour la capacité de service, la valeur 0,268 microfarad.

Les feeders ont une longueur de 12^{km}. Le courant de charge atteint donc à la fréquence 25 et sous 5500 volts de tension composée, 1,5 ampère environ.

Les câbles à l'entrée des sous-stations aboutissent dans des boîtes closes d'où partent les conducteurs des machines.

Des cabines de sectionnement ont été ménagées le long de la ligne. Les câbles se rendent dans des boîtes d'extrémités d'où des conducteurs opèrent le jonctionnement avec des barres omnibus. Des interrupteurs de raccordement sont disposés de manière qu'une quelconque des deux sections de câble placées en aval de la sous-station peut être connectée à une quelconque des deux sections placées en amont. Cette disposition réduit au minimum les interruptions provenant d'une avarie aux câbles. De plus, des plots de contact, reliés tous les 200^m à l'armature en fer, permettent de faire rapidement la localisation d'un défaut au moyen d'un millivoltmètre. Les câbles ont été essayés à l'usine de Lyon à 40000 volts alternatifs et, conformément au cahier des charges, ils ont été soumis après pose, par fraction de 6^{km}, à 30000 volts alternatifs, fréquence 25 entre conducteurs et entre conducteurs et terre, pendant une heure.

POSTES DE SECTIONNEMENT DU TROISIÈME RAIL.
— De nombreux postes de sectionnement du

troisième rail, avec commande à distance, ont été prévus. Ils sont constitués par des interrupteurs placés dans des caisses en fonte. Ces appareils (*fig. 21 et 22*), construits par la Compagnie générale des Constructions électriques, se composent d'une pièce de contact en forme de secteur s'engageant, pour établir la communication, entre deux doubles brosses de contact feuilletées. La partie périphérique de la pièce de contact est évasée en portion de cylindre et vient frotter sur des tiges de zinc de 8^{mm} environ, coudées à l'extérieur et formant pare-étincelles à la façon des cornes de parafoudre.

Un fort ressort tend à rappeler la pièce de contact en la faisant pivoter sur son axe. Elle est maintenue enclenchée par un cliquet. Ce cliquet peut être libéré de façon que la disjonction se produise soit par un relais électrique pour les postes du tronçon Quai d'Orsay-Austerlitz, soit par une commande funiculaire pour ceux du prolongement.

Les relais de la gare d'Orsay sont commandés par quelques accumulateurs spéciaux; ceux de la gare d'Austerlitz par le courant d'éclairage. Les interrupteurs sont manœuvrés depuis les gares ou depuis les postes sémaphoriques. Le montage est représenté figure 23.

Les connexions diagonales partant de A, A' ont pour but la mise en parallèle des deux files du troisième rail, de façon à réduire la perte de charge. Afin d'éviter le retour du courant par ces diag-

nales restées fermées, les barres de manœuvre ou les envois de courant dans les relais sont disposés de façon qu'il est impossible de couper l'interrupteur

Fig. 23.

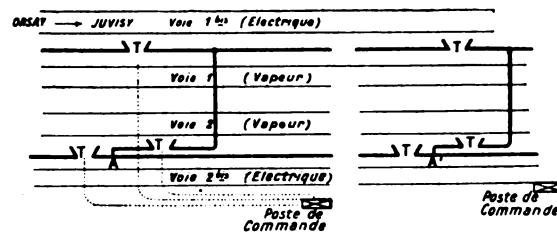


Schéma du montage des postes de sectionnement.

teur relatif à l'une des voies, paire ou impaire, sans couper en même temps l'interrupteur diagonal.

Les postes sont reliés téléphoniquement. De plus il y a des postes d'appel nombreux en pleine voie. Le réenclenchement des interrupteurs se fait à la main et sur place. Des lampes témoins placées dans les postes préviennent si l'isolation de la section a été opérée.

Le raccordement du rail aux interrupteurs se fait par des câbles d'une section totale de 600^{mm}².

La résistance électrique du circuit complet comprenant les huit files de rail des voies de roulement pour le retour du courant est d'environ 0,01 ohm par kilomètre.

(A suivre.)

P. BOURGUIGNON.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS (1).

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Pile humide à faible courant, par REINHOLD DREIBUOLZ (Brevet français 344248 du 24 juin 1904). — Il s'agit ici d'une pile genre Leclanché dont le vase en terre, fermé par un couvercle mobile, et maintenu au centre du vase en verre par le couvercle de ce dernier, possède à sa surface extérieure des nervures longitudinales lisses fuyant vers l'avant en forme de tranchants et des taquets de support inférieurs. Grâce à cette disposition, le cylindre en zinc est constamment maintenu à des distances uniformes du vase

en terre et du fond du vase en verre. Le brevet revendique comme avantages de cette disposition un nettoyage facile, une meilleure utilisation de la pile dont les dérangements sont à peu près impossibles.

Perfectionnements dans la structure des électrodes en zinc pour piles; SOCIÉTÉ TAILLEFER ET C^{ie} (Brevet français 340009 du 28 janvier 1904). — Le brevet mentionne différentes formes d'électrodes en zinc constituées par des lames, des plaques ou des feuilles de métal roulées, plissées, ondulées, gaufrées, tordues, assemblées ou non entre elles

(1) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle 17, boulevard de la Madeleine, Paris (1^{re}). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes: BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

pour présenter une plus grande surface à l'électrolyte, ces électrodes pouvant être en outre percées ou découpées pour faciliter la circulation du liquide.

Perfectionnements aux accumulateurs ou piles secondaires; Théodore PESCATORE (Brevet français 339873 du 25 janvier 1904, 3 figures). — Pour avoir des négatives gardant bien leur conductibilité, l'inventeur évite l'expansion ou gonflement de matière. Il prend pour cela des plaques composées de deux grilles en plomb dur entre lesquelles est maintenue la matière active additionnée d'une substance inerte (minium et noir de fumée par exemple) remplissant tous les interstices. Dans chaque moitié de la plaque, les alvéoles sont ouverts du côté où doit se faire l'assemblage et fermés de l'autre par un réseau de nervures. Les deux grilles sont solidement fixées par des rivets ou par soudure de façon à empêcher la dilatation de la matière. Au milieu, on peut, en outre, insérer une mince feuille de plomb, ce qui augmente encore la conductibilité.

Perfectionnements à la fermeture des bacs d'accumulateurs et autres récipients; SOCIÉTÉ ANONYME D'ÉCLAIRAGE ET D'APPLICATIONS ÉLECTRIQUES (Brevet français 340195 du 5 février 1904, sans figure). — Le bac, rectangulaire par exemple, est fermé par un couvercle faisant joint avec les parois latérales. Ce couvercle est muni d'un trou débouchant d'une part dans l'atmosphère et, d'autre part, dans une première chambre de faible hauteur dont la paroi inférieure va en pente légère jusqu'à un angle du bac aussi éloigné que possible du trou. A cette extrémité, cette première chambre comporte dans sa paroi inférieure une ouverture qui la met en communication avec une deuxième chambre de faible hauteur placée au-dessous de la première. La paroi inférieure de celle-ci va en pente légère jusqu'à l'angle du bac opposé au précédent. En ce point, une ouverture met en communication cette deuxième chambre avec l'intérieur du bac. Le niveau du liquide étant maintenu au-dessous de cette ouverture, on comprend ainsi qu'une inclinaison même de 90° ne laisse pas sortir le liquide de l'élément. Dans la position verticale, les gaz peuvent se dégager librement et l'on peut introduire le liquide par un trou du couvercle.

Perfectionnements aux plaques employées dans les batteries secondaires d'accumulateurs, THE EKSTROMER ACCUMULATOR COMPANY LIMITED (Brevet français 341156 du 22 février 1904, 2 figures). — La matière active est constituée ici par un mélange de laine ou de crin animal avec l'oxyde de plomb (dans la proportion de 2 à 3 pour 100 de laine ou de crin). On empâte les grilles avec ce mélange. La laine et le crin offrent une certaine résistance à l'action de l'acide; ils sont cependant détruits graduellement et l'oxyde, en se durcissant, se trouve être perforé de trous qui le rendent poreux et intérieurement expansible et contractile sans entraîner la déformation de la plaque.

Procédé de fabrication des électrodes d'accumulateurs, par OSKAR FRANK (Brevet américain 753383, du 2 mai 1903, *Centralblatt f. Accumulatoren*, t. V, 1^{er} octobre 1904, p. 224). — Avant l'empâtage, les plaques sont chargées à 1 ampère (la dimension des plaques n'est pas indiquée) dans une solution renfermant 5 pour 100 de sulfate de soude, 0,7 pour 100 de chlorate de potassium et 95 pour 100 d'eau, la température de la solution étant 20° C. Après environ 50 heures, si les plaques positives sont attaquées sur une profondeur de 1^{mm} environ, on lave ces plaques complètement à l'eau distillée, puis on les porte dans l'acide sulfurique faible, et l'on éloigne le chlore restant en les chargeant 50 heures à 2 ampères comme négatives, en prenant comme contre-électrodes des plaques de plomb. Après nouveau lavage, les plaques sont séchées à l'air à la température de 300° C. D'après le brevet, on obtient ainsi un dépôt

adhérent de peroxyde de plomb (à cette température, cependant, il doit y avoir réduction du peroxyde). Les plaques sont ensuite empâtées, et, d'après le brevet, possèdent alors une capacité et une durée non atteintes jusqu'ici, ainsi qu'un poids plus faible d'au moins 25 pour 100. En outre, elles peuvent se charger à l'intensité très élevée : 40 à 50 ampères (on n'indique toujours pas pour quelle grandeur de plaque), et cela sans inconvénient. L. J.

Fabrication des plaques d'accumulateurs, par BERTHE RIASSE (Brevet français 342279 du 13 avril 1904, avec 8 figures). — Ce brevet se rapporte à un procédé de fabrication des grilles caractérisé par ce fait qu'on forme, sur tout ou partie des noyaux fixes des chapes d'un moule, des saillies entre lesquelles on place les noyaux mobiles dont les faces s'appliquent exactement contre les bases des noyaux fixes et les bords contre les faces latérales desdites saillies.

Perfectionnements apportés aux accumulateurs, par L. MENAND (Brevet français 338930 du 18 juillet 1903, sans figure). — Le brevet revendique l'emploi de l'amiant, préparé d'une façon spéciale, non comme isolateur ou simplement comme enveloppe pour empêcher la chute de matière active, mais en lui incorporant intimement les oxydes. L'inventeur indique de nombreuses variantes de ces mélanges.

Pile, par MANN (Brevet français 344211 du 22 juin 1904; sans figure). — Au lieu d'amalguer les électrodes à la surface ou de faire des pâtes mercurielles, on emploie ici des électrodes constituées par un amalgame de mercure et de métaux à structure cristalline homogène. D'après le brevet, on augmente ainsi la durée des électrodes et l'on réduit la dépense en métal. L. J.

Procédé de préparation d'électrodes d'accumulateurs dont la matière active est mélangée de graphite en écailles, par THOMAS ALVA EDISON (Brevet allemand n° 456713 du 22 mai 1901. Addition au brevet allemand n° 147468 du 6 février 1901. *Centralblatt für Accumulatoren*, t. V, p. 274, 15 décembre 1904). — Dans son brevet principal, Edison a indiqué que le mélange de matière active et de graphite en écailles se fait d'après un procédé qui permet d'obtenir d'un minimum de graphite la plus grande surface conductrice possible et de recouvrir ce graphite d'une couche aussi mince que possible de matière active. — Le procédé consiste à laminier plusieurs fois la pâte de matière active et de graphite en paillettes et à briser le gâteau ainsi obtenu. On recouvre ainsi les paillettes de graphite d'une mince couche de matière active sans pulvériser ces paillettes. Cela tient à ce que, lorsqu'on brise le gâteau laminé, les paillettes de graphite, par suite de leur écaillage, donnent des petites lames toujours plus minces, que le mélange et le laminage suivants recouvrent d'une couche de matière active. Ce procédé est particulièrement avantageux lorsque la matière employée est peu conductrice et qu'elle a tendance à gonfler forcément par absorption d'oxygène pendant la charge, ce qui est particulièrement le cas des hydrates des combinaisons oxygénées du nickel. Dans ce cas on opère comme suit : l'hydrate finement divisé est mélangé avec le graphite en paillettes dans la proportion de 6 parties de matière active pour 4 parties ou moins de graphite. Le mélange est légèrement humecté d'eau ou de potasse et étendu en couche mince à l'aide d'un rouleau. Cette couche est brisée puis à nouveau laminée. On répète ces opérations jusqu'à ce que la matière finement divisée recouvre la surface des paillettes de graphite de couches minces. Après séchage, on comprime en blocs et l'on introduit dans les cuvettes.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Application des moteurs synchrones au réglage du facteur de puissance et de la tension en ligne. — Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers, le 21 juin 1901 par B. G. LAMME (*Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, t. XXI, p. 543-554).

On sait qu'on peut faire varier le courant absorbé par un moteur synchrone tournant à vide, en modifiant son excitation. Pour une certaine valeur de celle-ci, le courant dans l'armature est minimum. Pour une valeur moindre de l'excitation, le courant dans l'armature est décalé en avant par rapport à l'onde de force électromotrice du moteur et en arrière par rapport à la force électromotrice de la ligne. Pour une valeur de l'excitation supérieure à la normale, c'est l'inverse qui a lieu. Dans le premier cas, le flux de l'armature renforce le flux dû aux inducteurs; dans le second, il l'affaiblit.

Un moteur synchrone a donc tendance à régler de lui-même l'intensité de son champ inducteur. Le courant qui agit ainsi dans le moteur a aussi une influence régulatrice sur le réseau : il tend à égaliser la force électromotrice engendrée dans le moteur et la tension de distribution. Cette propriété du moteur synchrone se prête à deux applications : 1° elle permet de faire varier dans le réseau l'intensité du courant décalé en avant ou en arrière et par là de modifier le facteur de puissance, 2° elle donne un moyen de régler la tension du réseau.

Le courant déwatté engendré par le moteur ayant aussi un effet régulateur sur celui-ci, il est évident que cette action régulatrice ne doit pas être trop forte, afin qu'on puisse produire un courant déwatté assez intense pour agir sur le réseau.

Il faut donc employer dans ce but un moteur synchrone qui donnerait, si on le faisait fonctionner comme alternateur en court-circuit, un courant assez intense. Il est bon aussi que le circuit magnétique ne soit pas fortement saturé, car, dans les machines saturées, les limites de réglage du champ sont assez étroites.

Si la force électromotrice engendrée par le moteur reste constante et si la tension de distribution varie, il est évident qu'un courant décalé en avant ou en arrière prendra naissance dans le moteur et dans la ligne, comme dans le cas où c'est l'excitation du moteur qui varie. Si, par exemple, la tension aux bornes devient moindre que la force électromotrice dans le moteur, un courant décalé en arrière circulera dans celui-ci, tendant à affaiblir le flux inducteur, et un courant décalé en avant circulera dans la ligne, tendant à y surélever la tension. Cet effet de réglage amortira donc les variations de la tension

en ligne. Il est évident que les meilleures conditions sont celles où le moteur est très peu sensible et le réseau très sensible à l'action du courant régulateur.

Le réglage étant produit par les variations d'intensité du courant déwatté, ce courant pourra varier, par exemple, de 0 à 100 en avant, ou de 50 en avant à 50 en arrière, ou de 100 en arrière à 0. L'effet serait le même en ce qui concerne le réglage de la tension; mais, si l'on veut en même temps améliorer le facteur de puissance, il est généralement préférable de faire circuler continuellement dans la ligne un courant décalé en avant d'une assez grande intensité, dont les variations tendront à régler la tension, au lieu de faire varier la phase du courant d'avant en arrière et *vice versa*. Mais il faut alors un moteur plus puissant, car il est évident que, si l'échelle des variations du courant est de 0 à 100 (décalage en avant), le moteur doit pouvoir supporter un courant deux fois plus intense que si l'on règle en faisant varier l'intensité de 50 en arrière à 50 en avant.

Sur le mode de construction des moteurs synchrones destinés à ces usages, l'auteur donne quelques indications que nous résumons en note ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Les moteurs synchrones destinés uniquement au réglage peuvent tourner à des vitesses très supérieures à la pratique ordinaire, mais la limite de résistance mécanique n'est pas la seule à considérer. C'est ainsi que, pour une fréquence de 60 périodes par seconde, on peut construire des moteurs bipolaires d'assez grande puissance et des moteurs à quatre pôles pour des puissances très élevées, 1500 kilowatts par exemple : les grandes vitesses sont donc parfaitement réalisables au point de vue mécanique. Mais, comme on veut aussi que ces moteurs donnent un courant de court-circuit relativement intense, l'influence de la grande vitesse et du petit nombre des pôles sur le courant de court-circuit reste à considérer. Pour obtenir, par exemple, un courant de court-circuit égal à cinq ou six fois le courant normal, il faut que les ampères-tours inducteurs donnent un flux très supérieur à celui des ampères-tours induits. Or l'expérience prouve que dans les machines à grande vitesse, comme celles des groupes turbo-alternateurs, il est très difficile de loger un grand nombre de spires inductrices; il faut donc y réduire beaucoup les ampères-tours induits, si l'on veut que la machine soit bonne régulatrice. D'où, comme conséquence, une construction assez massive, les circuits magnétiques de l'inducteur et de l'induit devant être d'assez large section et l'induction assez forte. Il s'ensuit que les pertes dans le fer sont élevées, quoique le poids de ce métal soit moindre dans les machines de ce genre que dans celles à faible vitesse. La machine doit donc être construite d'une façon spéciale en vue de la ventilation et de la résistance mécanique.

L'augmentation du nombre des pôles permet en général d'augmenter les ampères-tours inducteurs sans accroître proportionnellement les ampères-tours induits. Mais, quand les pôles deviennent trop nombreux, les fuites magnétiques interpolaires viennent compenser l'amélioration ainsi obtenue. L'expérience a montré que, dans les alternateurs à très grande et à très faible vitesse, il est plus difficile d'obtenir un courant de court-circuit intense qu'avec les machines dont le nombre de pôles est moyen. Par exemple, il serait

6...

Une des principales applications de ces moteurs synchrones régulateurs consisterait à maintenir constante la tension à l'extrémité d'une longue ligne de transmission, indépendamment des variations de la charge et du facteur de puissance. L'accroissement de capacité de la transmission pourrait alors compenser et même au delà le prix du moteur.

Quand plusieurs de ces moteurs sont installés dans une même usine, il faut régler avec soin leur excitation, pour éviter les courants locaux qui pourraient s'établir entre les machines. Leurs courbes de magnétisme doivent être aussi semblables que possible.

L'auteur conseille d'adapter à ces moteurs de forts amortisseurs en cuivre placés sur les pôles inducteurs. Ce dispositif retarde la réaction de l'induit sur le flux inducteur; il produit donc, au point de vue du réglage, le même effet qu'on obtiendrait avec une machine dont le courant de court-circuit serait plus intense. En outre, un moteur ainsi muni d'amortisseurs est moins sujet aux oscillations.

Un moteur ainsi appliqué au réglage de la tension pourrait en même temps fournir du travail utile. Pour une intensité égale à 100, par exemple, la composante déwattée du courant absorbé pourrait être 60 et la composante watté 80. Le moteur travaillerait ainsi à 80 pour 100 de sa charge normale et donnerait lieu en même temps à un courant régulateur égal à 60 pour 100 de l'intensité normale. Il semble donc que la machine travaille ainsi plus économiquement que si on l'emploie seulement au réglage, mais il faudrait alors, dans la plupart des cas, adopter un moteur de vitesse bien inférieure à celles indiquées plus haut, ce qui annulerait l'avantage obtenu par le double emploi de la machine.

Les commutatrices, étant une forme particulière des moteurs synchrones, peuvent s'appliquer aussi au réglage de la tension et à l'amélioration du facteur de puissance. Mais l'auteur les considère comme peu aptes à cette fonction, pour quelques raisons que nous résumons en note ⁽¹⁾.

difficile de construire une machine de 600 kilovolts-ampères, bipolaire, faisant 3600 tours par minute et donnant un courant de court-circuit égal à trois fois le courant normal. Il vaudrait mieux dans ce cas adopter 4 ou 6 pôles; il en faudrait 8 à 12 pour une machine devant donner un courant de court-circuit égal à six fois le courant normal,

⁽¹⁾ L'expérience a montré que c'est pour un facteur de puissance égal à l'unité que l'échauffement est minimum dans l'induit des commutatrices et que, dès qu'on s'écarte de cette condition, les pertes par effet Joule s'accroissent rapidement, surtout dans certaines parties de l'enroulement, car elles ne sont pas uniformément réparties. Les commutatrices ne doivent donc pas fonctionner à faible facteur de puissance d'une façon continue ou pour de longues périodes. D'ailleurs, dans les commutatrices, le flux inducteur est moins intense

Les moteurs synchrones considérés ici seront moins coûteux que les alternateurs ordinaires, leur vitesse étant plus grande. Pour une puissance donnée, le prix du moteur sera principalement fonction de l'intensité du courant de court-circuit. On peut dire que ce prix atteindra 60 à 80 pour 100 du prix des alternateurs de construction usuelle; il sera assez voisin du prix des alternateurs conduits par des turbines à vapeur.

L'exposé qui précède peut se résumer dans les lignes suivantes :

1° On peut employer le moteur synchrone à produire des courants déwattés, décalés en avant ou en arrière de la force électromotrice, dans le réseau auquel il est relié, par un ajustement convenable de son excitation, ce qui permet de modifier le facteur de puissance de ce réseau.

2° Si l'on maintient constante l'excitation du moteur, et si la tension aux bornes est inférieure ou supérieure à celle qu'engendre le moteur, il s'établira dans le réseau des courants décalés en avant ou en arrière, qui tendront à neutraliser les variations de tension dans le réseau.

3° Cette action régulatrice est maxima avec les moteurs synchrones qui ont la meilleure autorégulation effective, c'est-à-dire ceux où la force électromotrice des inducteurs est élevée par rapport à celle de l'induit, à la différence des machines où l'autorégulation s'obtient par saturation du circuit magnétique.

4° Si l'on applique à la fois le moteur synchrone au réglage du facteur de puissance et au réglage de la tension, sa puissance régulatrice normale est moindre.

5° Les vitesses les plus convenables au point de vue électrique seront en général fort inférieures aux vitesses maxima déterminées par les conditions mécaniques.

6° Des amortisseurs de forte section accroîtront le pouvoir régulateur.

7° Si le moteur synchrone fournit de l'énergie en même temps qu'il sert au réglage, sa capacité apparente est augmentée.

8° Les commutatrices ne sont généralement pas appropriées au réglage du facteur de puissance et de la tension dans les réseaux.

9° Le prix des moteurs synchrones destinés au réglage sera généralement inférieur à celui des alternomoteurs et alternateurs de vitesse ordinaire, et assez voisin du prix des alternateurs conduits par turbines à vapeur.

P. L.

par rapport au flux induit que dans les alternateurs, d'où il suit que le pouvoir régulateur de ces machines est faible par rapport à celui des alternateurs ou des moteurs synchrones ordinaires.

Sur les surtensions dans les conducteurs et les appareils, par le D^r GEORGES SEIBT (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVI, p. 25, 12 janvier).

La formule $E'_{\max} = I_0 \sqrt{\frac{L}{C}}$ donnée par Kennelly pour exprimer l'élévation de tension $E'_{\max}$ lorsqu'on interrompt le courant I_0 , indique que, pour une capacité infiniment petite, la tension doit augmenter indéfiniment, de sorte que l'isolant des appareils à petite capacité devrait se percer plus fréquemment qu'avec une capacité plus grande, ce qui est contraire à l'observation. La cause de la sécurité relativement grande des conducteurs et appareils à petite capacité provient de l'action amortissante des pertes dans le cuivre et le fer et dans les appareils d'utilisation.

1° *Surtensions produites lors de l'ouverture d'un circuit.* — Il y a lieu de considérer ici : a , le côté des abonnés et b , le côté des machines.

a. Côté des abonnés. — Dès que le courant est interrompu, l'énergie magnétique accumulée dans la self-induction des appareils, ne trouvant pas d'autre voie, passe dans la capacité des conducteurs. Si ceux-ci sont chargés sans que l'isolant soit percé, l'énergie revient dans la self-induction et ainsi de suite en s'amointrissant chaque fois de la perte en chaleur dans le circuit. La considération de ces deux sortes d'énergie permet de calculer facilement les surtensions (1).

(1) Au moment de l'interruption du circuit, les quantités d'énergie existantes sont $A_m = \frac{LI_0^2}{2}$ pour l'énergie magnétique et $A_e = \frac{CE_0^2}{2}$ pour l'énergie électrique. La plus haute tension à laquelle peuvent être soumis le câble et les enroulements des transformateurs survient quand les deux énergies s'ajoutent dans le câble. Cette plus haute tension $E'_{\max}$ a pour expression, en négligeant l'amortissement, $\frac{CE'_{\max}^2}{2} = A_m + A_e$; d'où

$$(1) \quad E'_{\max} = \sqrt{\frac{2}{C} (A_m + A_e)} = \sqrt{E_0^2 + \frac{L}{C} I_0^2}.$$

Dans un sens, le câble recevant le courant, on a

$$I_{\max} = \omega CE'_{\max};$$

dans l'autre sens le transformateur recevant le courant, on a

$$I_{\max} = \frac{E'_{\max}}{\omega L}.$$

On en déduit

$$(2) \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{CL}}.$$

En réalité il faut considérer l'amortissement. Le facteur d'amortissement étant $\alpha = \frac{R}{2L}$, on a pour la valeur ins-

Comme exemple d'applications, l'auteur prend un transformateur de 300 kilowatts alimenté sous 6000 volts par un câble de 5^{km} ayant 0,2 microfarad par kilomètre. Ce transformateur a 1,1 pour 100 de pertes par hystérésis, 0,3 pour 100 par courants de Foucault et 1,5 pour 100 de pertes dans le cuivre. A vide, il dépense 2 pour 100 du courant de pleine charge ($\cos \varphi = 0,8$). La chute de tension inductive est de 3 pour 100 et le nombre de périodes par seconde $\nu = 50$. On en déduit pour l'intensité du courant de pleine charge $I = 62,5$ ampères et à vide $i = 1,25$ ampère; pour la self-induction du transformateur $L_T = \frac{E}{\omega i} = 15,29$ et pour la capacité du câble $C = 10^{-6}$ farad.

On constate facilement que, par l'interruption du circuit à vide, une surtension n'est pas possible. En effet, l'énergie maximum est $A_e = 36$ joules et $A_m = 23,8$ joules. Comme il y a un décalage de 90° entre la tension et le courant, ces deux énergies

stantanée E_t ,

$$(3) \quad E_t = e^{-\alpha t} \sqrt{E_0^2 + \frac{L}{C} I_0^2} \cos(\omega t - \chi) \\ = e^{-\alpha t} \sqrt{\frac{2}{C} (A_m + A_e)} \cos(\omega t - \chi).$$

L'angle χ est donné par la condition qu'au temps $t = 0$, on a

$$E_t = E_0.$$

D'où

$$(4) \quad \cos \chi = \frac{E_0}{\sqrt{\frac{2}{C} (A_m + A_e)}}.$$

Une deuxième conséquence de l'amortissement est l'augmentation de la durée d'oscillation. L'égalité (2) devient

$$(5) \quad \omega = \sqrt{\frac{1}{CL} - \alpha^2}.$$

Le maximum de E dans l'équation (3) survient pour $\frac{dE}{dt} = 0$, c'est-à-dire pour

$$(6) \quad \tan(\omega t - \chi) = -\frac{\alpha}{\omega} \quad \text{ou} \quad t = \frac{\arctan\left(-\frac{\alpha}{\omega}\right) + \chi}{\omega}.$$

La somme des pertes a pour valeur

$$R_f I^2 + \frac{\omega}{\omega_b} p_1 + \left(\frac{\omega}{\omega_b}\right)^2 p_2,$$

en appelant R_f la résistance des câbles au courant continu, p_1 les pertes par hystérésis, p_2 celles des courants de Foucault, causées par les oscillations forcées, ω_b le nombre d'oscillations du courant de distribution en 2π secondes.

En remplaçant toutes ces pertes par une perte purement ohmique RI^2 , on a pour la valeur de R

$$(7) \quad R = \frac{R_f I^2 + \frac{\omega}{\omega_b} p_1 + \left(\frac{\omega}{\omega_b}\right)^2 p_2}{I^2}.$$

surviennent en des temps différents. A_m étant en outre très petit, aucune surtension n'est possible; la fréquence d'oscillation libre est seulement de 41 périodes par seconde.

Supposons maintenant le transformateur chargé complètement par des lampes à incandescence. Outre l'énergie magnétique accumulée dans le fer, il y a à considérer l'énergie du champ dans les lignes de dispersion. La self-induction active de cette dernière est donnée par $\omega LI = 0,03.6000$, d'où $L = 0,00918$, correspondant à une énergie de

$$0,00918 \frac{(\sqrt{2}.62,5)^2}{2} = 35,8 \text{ joules.}$$

En additionnant avec l'énergie dans le fer, qui reste la même que dans la marche à vide, on trouve pour l'énergie magnétique totale

$$A_m = 35,8 + 23,8 = 59,6 \text{ joules.}$$

La tension et le courant sont presque en phase; on peut supposer que les maxima arrivent ensemble et que l'interruption du circuit se fait au moment du maximum. En appliquant l'équation (1) on trouve $E'_{\max} = 13820$ volts sans considérer l'amortissement. La tension maximum d'exploitation étant

$$\sqrt{2}.6000 = 8490 \text{ volts,}$$

la surtension est faible ici et sans danger. Il n'y a pas lieu de faire le calcul de l'amortissement.

Supposons la charge constituée par un asynchrone de 300 kilowatts. Soit une perte par hystérésis de 1,4 pour 100; par courants de Foucault, de 0,6 pour 100 et une perte ohmique de 1,5 pour 100, avec un facteur de puissance de 0,8. La self-induction du moteur, sur le côté 6000 volts du transformateur, se donne par $\omega L_m I = E \sin \varphi$. D'où $L_m = 0,1835$ et l'énergie magnétique du moteur devient pour $I = 62,5$ ampères, $L_m = \frac{I^2}{2} = 715$ joules. En y ajoutant les 59,6 joules dus au transformateur, on trouve $A_m = 774,6$ joules. Le calcul de $E'_{\max}$ sans amortissement donne $E'_{\max} = 40000$ volts. La diminution due à l'amortissement se fait comme suit. Le courant à l'arrêt étant trois fois plus grand que le courant normal, on a pour la self-induction L' correspondant au nombre d'oscillations

$$L' \frac{(3\sqrt{2}.62,5)^2}{2} = 774,6, \quad \text{d'où} \quad L' = 0,0221.$$

L'équation (2) donne, pour le nombre d'oscillations en 2π secondes, $\omega = \frac{10^3}{\sqrt{0,0221}} = 6720$. En appliquant l'équation (7), on a $R_g I^2 = 81000$ pour les pertes

dans le cuivre;

$$\frac{\omega}{\omega_b} p_1 = \frac{6720}{314} (1,1 + 1,4) \frac{300000}{100} = 160500$$

pour les pertes par hystérésis, et

$$\left(\frac{\omega_b}{\omega}\right)^2 p_2 = \left(\frac{6720}{314}\right)^2 (0,3 + 0,6) \frac{300000}{100} = 1236000$$

pour les pertes par courants de Foucault.

On en déduit pour la résistance active, d'après (7), $R = 42,1$ ohms, et pour le facteur d'amortissement

$$\alpha = \frac{R}{2L'} = 953.$$

La rectification du nombre d'oscillations donne d'après (5) $\omega = 6660$. En introduisant à nouveau dans (7) on arrive, par approximations successives, à $\alpha = 950$ et $\omega = 6700$. De la formule (4) on tire

$$\chi = 80^\circ 13';$$

de la formule (6) $t = 0,000188$; d'où l'on tire d'après (3) $E_{\max} = 33100$ volts. L'amortissement abaisse donc la première amplitude de 40000 à 33100 volts. La deuxième amplitude atteint 26500 volts; la troisième 21000 volts; la septième 8720 volts. Il s'écoule 0,003 seconde jusqu'à cette septième amplitude. Les amplitudes s'amortissent ainsi rapidement. Quoique la tension soit revenue à la valeur de la tension d'exploitation après 3 périodes, ces oscillations peuvent être considérées comme dangereuses.

b. Côté des machines. — L'énergie accumulée dans la self-induction des machines donne les mêmes causes d'oscillations électriques que du côté des abonnés. L'unique différence est que la tension d'exploitation continue à exister tandis qu'elle disparaissait dans le cas précédent. Par suite, il n'y a ici qu'une partie de l'énergie de charge, celle reposant sur la chute de tension, qui est transformée en oscillations électriques, et cette partie est dans tous les cas si petite qu'elle peut être négligée devant l'énergie magnétique. Pour le calcul de la surtension, on peut se servir des formules précédentes en faisant $E_0 = 0$ et en additionnant la valeur obtenue à la tension maximum d'exploitation.

2° Surtensions produites par la fermeture d'un circuit. — L'importance pratique de ces surtensions est faible, aussi peut-on se contenter de déterminer leur ordre de grandeur; le calcul montre qu'elles ne dépassent pas le double de la tension d'exploitation (1).

3° Influence de l'amortissement sur les dangers auxquels est soumis l'isolant. — Pour percer un

(1) Au temps t après la fermeture, la tension aux extré-

diélectrique, il faut un certain temps et une certaine énergie. Si l'on appelle r un facteur correspondant à la résistance d'isolement de la matière pour un courant de pure conduction, la quantité totale de chaleur dégagée dans le diélectrique est

$$A = \int_0^{\infty} \frac{E^2}{r} dt = A \frac{E_{\max}^2}{4 r \alpha}.$$

On voit donc que le dégagement de chaleur dans

mités du circuit que l'on vient de fermer est

$$E_t = E_1 \cos(\omega_1 t + \varphi) + E_2 e^{-\alpha t} \cos(\omega_2 t + \chi)$$

et le courant

$$I = I_1 \cos(\omega_1 t + \varphi') + I_2 e^{-\alpha t} \cos(\omega_2 t + \chi').$$

Les premiers membres se rapportent aux oscillations forcées, les seconds, aux oscillations libres. Au temps $t = 0$ on a

$$E_1 \cos \varphi + E_2 \cos \chi = 0 \quad \text{et} \quad I_1 \cos \varphi' + E_2' \cos \chi' = 0.$$

Si l'on néglige l'amortissement, on a, pour la différence de phase entre la tension et le courant, $\mp \frac{\pi}{2}$, de sorte que

$$I_1 \sin \varphi \mp I_2 \sin \chi = 0.$$

On en déduit, en désignant par R_1 et R_2 les résistances apparentes du circuit pour les deux oscillations,

$$E_2 = -E_1 \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{R_2}{R_1} \tan \varphi\right)^2}{1 + \tan^2 \varphi}}.$$

L'angle φ dépend de la différence de phase entre la force électromotrice de la machine et la tension aux bornes du réseau, ainsi que de l'instant de la fermeture. Si $\varphi = 0$ on a $E_2 = -E_1$ et la tension résultante, dans le cas où il n'y a pas d'amortissement, atteint le double de la tension d'exploitation; en réalité, elle est toujours moindre à cause de l'amortissement. Quand φ n'est pas nul, E_2 est plus grand ou plus petit que E_1 selon le rapport des résistances apparentes. Lorsque la fermeture se fait sur un circuit ouvert, on a

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\omega_1 C}{\omega_2 C},$$

expression plus petite que 1 si l'oscillation libre est plus rapide que l'oscillation forcée, plus grande que 1 si elle est plus lente et égale à 1 dans le cas de la résonance. En pratique, ω_2 étant plus grand ou égal à ω_1 , il n'y a pas à craindre de surtensions supérieures au double de la tension du réseau.

Si le circuit n'est pas ouvert, mais relié à un transformateur, la théorie montre que la plus haute tension n'atteint pas le double de la tension d'exploitation.

(¹) Théoriquement l'intégration doit se faire de 0 à l'infini; mais, en pratique, l'amortissement est très rapide (0,003 seconde dans l'exemple ci-dessus).

En posant $E = E_{\max} e^{-\alpha t} \cos(\omega t + \varphi)$ il vient

$$A = \frac{E_{\max}^2}{2 r} \left[\int_0^{\infty} e^{-2\alpha t} dt + \int_0^{\infty} e^{-2\alpha t} \cos 2(\omega t + \varphi) dt \right]$$

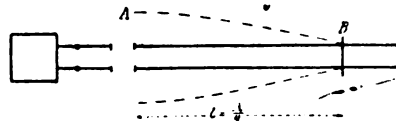
ou en négligeant l'intégrale du deuxième terme entre parenthèses, petit par rapport au premier, $A = \frac{E_{\max}^2}{4 r \alpha}$.

le diélectrique est inversement proportionnel au facteur d'amortissement. L'importance de l'amortissement se fait sentir non seulement par la diminution de l'amplitude, mais surtout par la diminution de la chaleur dans l'isolant. On peut alors expliquer de la façon suivante l'endommagement rare des appareils à petite capacité : les oscillations, avec une petite capacité, sont très rapides, extrêmement amorties et par suite incapables d'amener un échauffement suffisant dans le diélectrique. La limite de rupture à l'état froid est en général beaucoup plus élevée qu'à l'état chaud.

4° *Nœuds et ventres dans les conducteurs.* — On a soutenu souvent que les oscillations, en se propageant dans les conducteurs, forment des ondes stationnaires et que les appareils de sécurité qui sont placés aux nœuds d'oscillation restent sans action. L'auteur examine la question au point de vue théorique. Pour qu'il y ait production d'ondes stationnaires, deux conditions sont nécessaires : longueur suffisante du conducteur et amortissement très faible.

La vitesse de propagation pour un amortissement négligeable étant celle de la lumière, 300000 km par seconde, pour un nombre de périodes de 1000 par seconde, la distance entre un nœud et un ventre est de 75 km. De telles distances sont rares; mais, même quand on les atteint, il ne peut jamais se produire plus d'un nœud sur le conducteur, ainsi qu'on va le voir. La figure 1 montre la répartition de la tension

Fig. 1.



pour l'onde fondamentale, lorsqu'en B (nœud) a eu lieu un court-circuit sur la ligne et que les coupe-circuit ont fondu en A (ventre). On pouvait penser cependant que, si l'oscillation principale ne produit qu'un nœud, les oscillations supérieures doivent produire une série de nœuds et de ventres. Traitant la question par le calcul, l'auteur arrive aux expressions suivantes

$$E = \frac{4}{\pi} I_0 \sqrt{\frac{L}{C}} e^{-\alpha t} \left[\sin \frac{\pi}{2l} x \sin \omega t - \frac{1}{3} \sin \frac{3\pi}{2l} x \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \sin \frac{5\pi}{2l} x \sin 5\omega t - \dots + \dots \right],$$

$$I = \frac{4}{\pi} I_0 e^{-\alpha t} \left[\cos \frac{\pi}{2l} x \cos \omega t - \frac{1}{3} \cos \frac{3\pi}{2l} x \cos 3\omega t + \frac{1}{5} \cos \frac{5\pi}{2l} x \cos 5\omega t - \dots + \dots \right],$$

dans lesquelles l est la longueur d'un conducteur

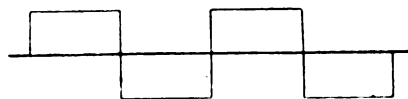
simple et x l'éloignement du point où a lieu le court-circuit.

Le maximum de la tension survient pour $\frac{dE}{dt} = 0$ et l'on obtient en posant $\omega t = \frac{\pi}{2}$, si l'on néglige l'amortissement,

$$E_{\max} = \frac{4}{\pi} I_0 \sqrt{\frac{L}{C}} \left[\sin \frac{\pi}{2} x + \frac{1}{3} \sin \frac{3\pi}{2} x + \frac{1}{5} \sin \frac{5\pi}{2} x + \dots \right].$$

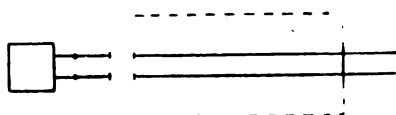
La figure 2 est la représentation graphique de cette série dans le cas général et la figure 3 dans le

Fig. 2.



cas particulier considéré, les abscisses représentant les longueurs. La tension est constante sur tout le conducteur et égale à $E_{\max} = I_0 \sqrt{\frac{L}{C}}$ et elle tombe brusquement à 0 à l'endroit du court-circuit. L'au-

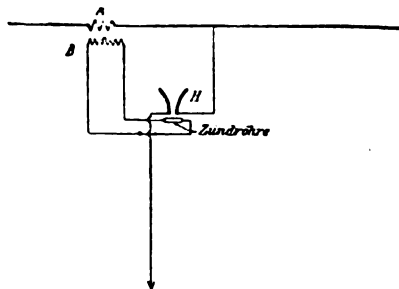
Fig. 3.



teur en conclut qu'il n'y a pas production de nœuds et de ventres le long des conducteurs.

5° *Sur un perfectionnement aux parafoudres.* — On sait que le fonctionnement d'un parafoudre

Fig. 4.



est dépendant d'un grand nombre de facteurs parmi lesquels l'état de l'atmosphère et surtout les décharges précédentes qui modifient la surface des conducteurs. L'auteur indique un dispositif qui permet de ne pas tenir compte de ces facteurs variables. On fait usage pour cela d'une tension supplémentaire produite par les variations rapides du courant

dans le conducteur, ce qui permet d'augmenter la sensibilité du parafoudre ou, à égalité de sensibilité, d'écarter davantage ses conducteurs. La figure 4 représente la disposition employée; H est le limiteur à cornes, A le primaire et B le secondaire d'un petit transformateur. Ce secondaire est fermé sur un tube Geissler (Zündrohr). Lorsque surviennent les oscillations rapides dues aux surtensions, la force électromotrice induite en B illumine le tube. Les rayons ultra-violetts diminuent la résistance entre les cornes et l'étincelle éclate. D'autres dispositifs peuvent aussi remplacer le tube de Geissler.

6° *Dépendance des surtensions de la tension du réseau et de la charge.* — Des formules précédemment établies, on déduit pour la tension la plus élevée lorsqu'on ouvre le circuit

$$E'_{\max} = \sqrt{E_0^2 - \frac{2EI \sin \varphi}{\omega C}},$$

l'amortissement étant négligé. Comme le premier membre de la racine est petit par rapport au second, on en conclut que la grandeur de la surtension est presque indépendante de la tension du réseau et est proportionnelle à la racine carrée de la puissance. Le danger des surtensions est encore fonction de l'amortissement qui dépend, comme on l'a vu, de la fréquence. Plus la tension de distribution est élevée, plus est grande la self-induction et plus est petit le nombre de périodes de l'amortissement libre. La théorie s'accorde donc bien avec l'expérience; les décharges dans les installations à haute tension étant trouvées beaucoup plus fréquentes que dans celles à basse tension.

L. J.

BREVETS RÉCENTS.

Canalisations : Conducteurs : BOARDMAN. BP. 1860, 1904. — HANSON. USAP. 782391, 19 mars 1904. — SHARP. BP. 6585, 1904. — STONE AND FENWICK. BP. 15802, 1904. — SUTTON AND GREGSON. BP. 6806, 1904. — **Conduites, supports, attaches, isolants :** ABRAMS. USAP. 779402, 18 avril 1904 (isolant). — ALEXANDER. USAP. 781984, 1^{er} juil. 1904 (conduite). — GALSWORTHY. BP. 25972, 1904 (isolant). — HAWKINS. USAP. 783197, 2 août 1904 (machine pour appliquer l'isolant sur les câbles). — HUBBARD. USAP. 783275, 1^{er} juil. 1904 (cheville de fixation). — LYLE. USAP. 782576, 2 mai 1903 (conduite). — MACEK. USAP. 782676, 19 mars 1904 (dispositif pour fixer les conducteurs sur leurs isolateurs). — PALMER. USAP. 781353, 17 nov. 1903 (conduite). — PHILIPPS. USAP. 781091, 23 mai 1904 (colonne de fixation). — SIBLEY. USAP. 781686, 24 nov. 1903 (colonne de fixation). — STEINBERG. USAP. 783229 et 783230, 10 mars et 11 mai 1903 (isolateur). — STUDEYANT. USAP. 782367, 25 mars 1904 (isolateur pour extrémité de câble). — THOMSON-HOUSTON COMPANY. BP. 6402, 1904 (isolant). — TOWER. USAP. 783333, 9 juil. 1904 (attache pour conducteurs). — WRIGHT. USAP. 783348, 18 mars 1904 (isolateur). — **Connexions, joints :** DOSSERT. USAP. 779469, 16 juil. 1904 (joint). — HALLOT. BF. 348439, 9 fév. 1904 (dispositifs de jonctions électriques).

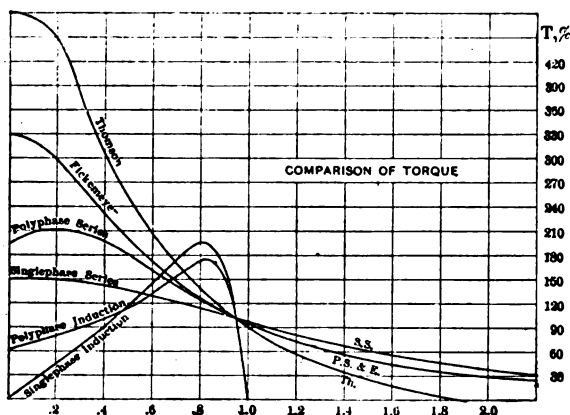
APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Moteurs à courant alternatif, par C.-P. STEINMETZ. Mémoire présenté au Congrès international électrique de Saint-Louis. 53 pages.

Après un bref exposé de son système de notations, l'auteur aborde l'étude des divers alternateurs asynchrones. Il considère successivement : le moteur d'induction polyphasé, le moteur d'induction monophasé, le moteur monophasé à condensateur, le moteur shunt polyphasé, le moteur série polyphasé, et, parmi les moteurs à collecteur : le moteur série monophasé, le moteur série compensé (Eickemeyer), le moteur à répulsion (Thomson). Pour chacun de ces appareils, il donne la théorie analytique du fonctionnement (par l'emploi des quantités complexes), et les courbes caractéristiques. Cet exposé, purement mathématique, ne pouvant être résumé, nous nous bornerons à reproduire ici les conclusions de l'auteur.

Les figures 1 et 2 reproduisent, les vitesses étant portées

Fig. 1.



Comparaison des couples. *Singlephase series*. Série monophasée. T , échelle des couples en pour 100.

en abscisses (1 correspondant à la vitesse de synchronisme), les caractéristiques de couple et de puissance de tous les types de moteurs considérés dans le Mémoire. Pour que cette comparaison ait un sens, les moteurs auxquels ces courbes se rapportent ne sont qu'une seule et même machine qu'on suppose avoir fait fonctionner successivement suivant chaque système, en effectuant les modifications nécessaires dans ses circuits électriques et magnétiques.

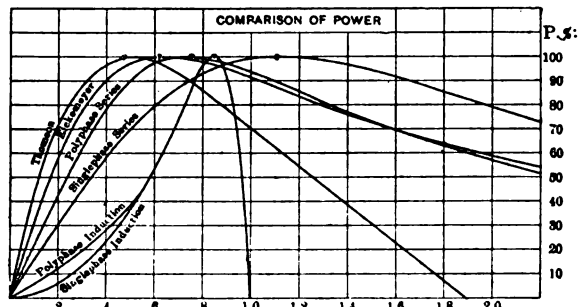
En ce qui concerne les facteurs de puissance, l'étude de chacun des types de moteurs a montré que le facteur de puissance des moteurs à collecteur est notablement plus élevé que celui des moteurs d'induction, de sorte que, à égalité de facteur de puissance, le moteur à collecteur peut être construit avec un entrefer beaucoup plus large que celui du moteur d'induction. C'est là un grand avantage, surtout pour les moteurs destinés à la traction.

Dans la figure 1, les ordonnées des courbes de couples ont été proportionnellement modifiées de façon que, pour toutes les courbes, la valeur du couple soit la même à une vitesse égale à 0,5 pour 100 du synchronisme. Dans la figure 2, une opération analogue fait correspondre toutes les courbes de puissance utile maxima. Il faut remarquer qu'on peut modifier notablement les caractéristiques de chaque moteur par la façon dont on l'établit : on peut, par exemple, le construire en vue du plus haut rendement possible ou du plus fort couple de démarrage, ou du plus haut facteur de puissance, etc. Il ne faudrait donc pas se fier outre mesure aux

courbes de comparaison ; on peut cependant en tirer quelques conclusions générales.

Dans les moteurs d'induction, le couple croît avec la vitesse ; il décroît dans les moteurs à collecteur. Ceux-ci donnent donc leur couple maximum au démarrage et aux faibles vitesses. Les moteurs d'induction ne fonctionnent de façon satisfaisante que dans d'étroites limites de vitesse au-dessous du synchronisme ; au-dessous de ces limites, leur marche est instable : ou elle se ralentit jusqu'à l'arrêt, ou elle s'accélère rapidement jusqu'au voisinage du synchro-

Fig. 2.



Comparaison de puissances. P , échelle des puissances en pour 100.

nisme. Au synchronisme, le couple et la puissance du moteur d'induction changent de signe. Aux faibles vitesses, on ne peut obtenir un couple énergique qu'en sacrifiant le rendement, par l'augmentation de la résistance de l'induit. Les moteurs d'induction sont donc essentiellement des moteurs à vitesse constante.

C'est le moteur à répulsion qui a le couple de démarrage le plus énergique et la décroissance la plus rapide du couple et de la puissance avec l'accroissement de la vitesse ; le couple et la puissance s'annulent à une vitesse finie.

Le moteur série monophasé est, de tous les moteurs à collecteur, celui dont le couple est le plus faible au démarrage, le plus fort à grande vitesse ; c'est donc pour lui que le couple décroît le moins vite quand la vitesse augmente, de sorte que, dans l'exemple considéré, il se rapproche d'un moteur à couple constant.

Le moteur compensé est intermédiaire entre le moteur à répulsion et le moteur série : il est plus proche du premier à faible vitesse et du second aux grandes vitesses, c'est-à-dire que son couple est énergique au démarrage et à faible vitesse, mais qu'il ne décroît pas aux grandes vitesses aussi rapidement que celui du moteur à répulsion.

On conclut donc que les moteurs d'induction sont essentiellement des moteurs à vitesse constante. Le moteur à répulsion est une machine à faible vitesse, le moteur série une machine à grande vitesse, tandis que le moteur compensé (système Eickemeyer) se place entre les deux : plus près du premier aux faibles vitesses, et du second aux grandes vitesses.

P. L.

Engins de levage électriques (*Bull. Soc. belge des Élect.*, t. XXII, p. 1-30, janvier). — Dans cet article, les auteurs, H. Haller et H. Hoern, ingénieurs à la Compagnie internationale d'Électricité, de Liège, décrivent successivement : un palan simple soulevant 1000^{kg} à la vitesse de 2,5 m : min, avec un rendement global d'au moins 70 pour 100 ; un palan, dit palan universel, soulevant 5000^{kg} à la vitesse de 3 m : min ; un chariot automoteur suspendu à un monorail, soulevant et transportant des charges de 200^{kg} à 500^{kg}.

Applications de l'Électricité dans les mines de houille (*Electrician*, t. LIV, p. 889, 17 mars). — Dans cet article, reproduction d'une Communication faite le 2 février à la Rugby Engineering Society, l'auteur, M. Brown, examine les conditions que doit remplir le matériel électrique employé dans les mines, puis signale quelques installations récentes de monte-charges et de pompes d'exhaure. Le courant continu présente des inconvénients si, outre l'éclairage, il doit servir à actionner des moteurs, car les étincelles aux collecteurs de ceux-ci sont une source de danger dans les mines grisouteuses, même si ces moteurs sont du type enfermé; d'autre part les interrupteurs, et surtout les fusibles à rupture dans l'air, sont également dangereux dès que l'intensité du courant qui les traverse dépasse 3 ampères sous 100 volts. Les moteurs à courants polyphasés, avec bagues munies chacune d'au moins deux balais, ne présentent au contraire aucun inconvénient, car les étincelles ne peuvent se produire que si les deux balais cessent en même temps d'être en contact avec la bague correspondante, ce qui est fort improbable, et d'ailleurs ces étincelles n'ont jamais une intensité les rendant dangereuses; d'autre part, les interrupteurs et fusibles employés sur les circuits alternatifs peuvent être à rupture dans l'huile et, par suite, ne présenter aucun danger, tandis que, sur les circuits à courant continu, ces appareils ne peuvent être utilisés, l'huile se carbonisant rapidement à chaque rupture et cessant bientôt d'être isolante. Les monte-charges à commande électrique commencent à être utilisés fréquemment. L'une des plus grandioses installations de ce genre est, à la connaissance de l'auteur, celle de la Société des Charbonnages de Grand-Hornu, en Belgique; le moteur fonctionne sous 2000 volts, à la fréquence 23,5 et est directement accouplé au tambour d'enroulement; ce monte-charge permet d'élever 2000 tonnes à la vitesse de 1,5 m. sec; il extrait 85 tonnes par heure d'une profondeur de près de 1000 m. La raison du développement de l'emploi des monte-charges électriques est l'économie de vapeur qu'ils permettent de réaliser; en effet, tandis qu'un monte-charge à vapeur dépense environ 34% de vapeur par cheval-heure mesuré par la charge élevée, un monte-charge électrique ne demande que 8%,5 pour la même quantité d'énergie utile; il est vrai que le monte-charge électrique introduit une augmentation des dépenses d'amortissement et des frais d'entretien du matériel; mais, tout compte fait, l'économie en argent est au moins de 30 pour 100 en faveur du monte-charge électrique. Quant aux pompes électriques, leur emploi s'est aussi considérablement développé pour la même raison; avec les pompes oscillantes à faible vitesse autrefois employées, le rendement était très bas, tandis que, avec les pompes rotatives actuellement utilisées, le rendement global (pertes du moteur comprises) atteint 63 pour 100.

BREVETS RÉCENTS.

Moteurs : BERRY et MOUILLAUD. BF. 339 217, 30 nov. 1903 (système de moteur magnétique). — BRYSON. USAP. 778 400, 21 avril 1904 (moteur). — CAMESCASSE. BF. 339 341, 26 décembre 1903 (nouveau dispositif d'alternomoteur ou d'alternogénérateur monophasé à vitesse et à facteur de puissance réglables). — FAVARGER. DRP. 158 388, 21 février 1904 (rotation par courant alternatif). — FENN. USAP. 777 198, 17 sept. 1903 (moteur à courant alternatif). — LAMME. USAP. 780 045, 780 046 et 780 047, 3 mai et 30 juin 1904; BF. 347 787, 11 nov. 1904 (moteur à courant alternatif). — LEHMANN. BF. 347 903, 14 nov. 1904 (moteur à répulsion compensé). — LEWIS. BP. 2930, 1904 (électromoteurs). — LUNDELL. BF. 347 409, 25 oct. 1904 (moteur à courant alternatif). — MELLER. DRP. 158 347, 11 mars 1904 (moteur asynchrone avec couplage en cascade). — THOMSON-HOUSTON. BP. 3589 et 3884, 1904 (moteur). — *Démarrage, régulation*

et freinage : CARICHOFF. USAP. 777 839, 12 mai 1904 (démarrage de moteurs). — CHURCHWARD. USAP. 778 222, 16 juillet 1903 (régulateur automatique pour moteurs). — FINZI. DRP. 158 540, 24 nov. 1903 (régulateur pour moteur à courant alternatif). — GEIPEL et LANGE. BP. 347 967, 16 nov. 1904 (système de contrôle de moteurs électriques). — GURTSMANN. DRP. 158 307, 5 août 1903 (régulateur pour moteur à répulsion). — HULTQVIST. USAP. 780 187, 9 juin 1904 (démarrateur et interrupteur combinés pour moteurs électriques). — KANDO. DRP. 158 490, 25 nov. 1902 (couplage en cascade des moteurs alternatifs pour l'obtention de différentes vitesses). — READ. USAP. 779 182, 28 oct. 1903 (démarrateur et interrupteur combinés pour moteurs). — SCHATZNER. USAP. 779 875, 13 mai 1904 (démarrateur automatique). — SCHUCKERT et Co. DRP. 158 541, 27 mai 1904 (arrêt automatique des moteurs). — THORSEN. USAP. 777 759, 2 déc. 1902 (démarrage automatique). — WIARD. USAP. 780 547, 27 mai 1904 (commutateur et démarreur combinés).

Électro-aimant : PERRET. BP. 25 218, 1904; BF. 347 536, 12 oct. 1904 (électro-aimant cuirassé).

Machines et appareils : CARICHOFF. USAP. 780 550, 30 juin 1904 (contrôleur électropneumatique). — CASE. USAP. 779 206, 24 sept. 1903 (contrôleur). — CHESHIRE. USAP. 779 907, 13 fév. 1904 (moteur et compresseur d'air). — CUTLER. USAP. 777 778, 6 juillet 1903 (contrôleur). — DAWES. USAP. 780 870, 28 déc. 1903 (séparateur magnétique de minerais). — DICKSON. BP. 28 183, 1903 (instruments de musique). — EASTWOOD. BP. 26 097 1904 (embrayage électrique). — GATES. USAP. 780 716, 14 janvier 1901 (séparateur magnétique de minerais). — HILL. USAP. 778 242, 27 juin 1902 (contrôleur). — IHLER. USAP. 780 104, 31 juillet 1903 (contrôleur). — JACKSON. USAP. 780 503 et 780 504, 6 juin 1904 (contrôleur pour moteur à courant alternatif). — KLINKENBERG. BP. 3840, 1904 (contrôleur). — LARSON. USAP. 779 612, 1^{er} juin 1903 (dévidoir). — LETNER et LUCAS. BP. 3603, 1904 (contrôleur). — PERKINS. USAP. 780 058, 24 juin 1902 (contrôleur). — PORTER. USAP. 779 623, 9 fév. 1903 (pompe électrique). — REMINGTON. USAP. 780 580, 26 juin 1902 (contrôleur). — ROBB et ROSERWATER. USAP. 778 897, 19 déc. 1903 (contrôleur pour appareil de lavage). — ROSS. BP. 4925, 1904 (sonnerie électrique). — SCHIEMAN. BP. 24 399, 1904 (outils électriques). — SHONNARD. USAP. 780 687, 10 déc. 1901 (orgue électrique). — SIMONDS. USAP. 776 557, 5 mai 1904 (embrayage électrique). — THOMSON-HOUSTON COMPANY. BP. 4771, 3588, 3590 et 3665, 1904 (contrôleur). — VOLTAGE CONTROLLER COMPANY. BP. 347 433, 26 oct. 1904 (contrôleur). — WALSH. USAP. 777 760, 19 fév. 1904 (contrôleur). — WATERMANN. BP. 24 663 (commande électrique de soupape).

Signaux : ABEL. BP. 27 096, 1904 (signaux électriques). — BERRY. USAP. 779 390, 25 mai 1903 (signal pour chemins de fer). — BRITHEL. USAP. 782 100, 4 nov. 1904 (signal pour chemins de fer). — BLANK. USAP. 783 399, 21 déc. 1903 (avertisseur contre le vol). — BOOTH. USAP. 783 014, 20 sept. 1904 (avertisseur contre le vol). — CLARKE. USAP. 779 072, 14 mars 1904 (avertisseur pour fourneau à gaz). — DODGSON. USAP. 781 639, 27 mars 1903 (signal pour chemin de fer). — ELLIOT. USAP. 781 194, 20 fév. 1904 (sonnerie à magnéto). — FINNINGAN. BP. 19 482, 1904 (block). — FIORINI. USAP. 779 075, 13 avril 1904 (block-système). — FULLER et BANGHART. USAP. 778 356, 21 mars 1904 (signal pour chemin de fer). — HEPLER. USAP. 782 131, 20 février 1904 (avertisseur de température). — HEILMANN. USAP. 780 500, 26 fév. 1904 (avertisseur de niveau d'eau). — HILL. USAP. 780 280, 11 mai 1904 (signal pour chemins de fer). — HOLNER. USAP. 778 971, 17 mai 1904 (avertisseur contre le vol). — HOLMOK. USAP. 778 784, 26 déc. 1903 (avertisseur de pression du gaz).

TRACTION.

Roues en fonte et roues à bandage d'acier (*Street Railw. Journ.*, t. XXV, p. 107-109, 21 janvier). — Dans cet article, M. Norman Crawford, directeur de la Hartford Street Railway Co, fait connaître les résultats d'essais effectués par cette Compagnie depuis 1900, en vue de reconnaître si les roues à bandage d'acier sont, malgré leur prix d'achat plus élevé, plus économiques que les roues en fonte. Ces essais furent commencés à la suite de nombreux déraillements de voitures occasionnés par la rupture des boudins des roues en fonte jusqu'alors exclusivement employées. Quatorze voitures à double truck, dont quatre avec empattement de 1^m,62, les autres avec empattement de 1^m,20, furent équipées avec roues à bandage d'acier en octobre 1900; la plupart de ces voitures ont aujourd'hui parcouru plus de 100 000 miles (160 000^m); l'une d'elles a même parcouru 200 000 miles, et leurs roues sont encore en parfait état. Onze autres voitures, également à double trucks de 1^m,20 d'empattement, furent munies de ces roues en octobre 1901; elles ont toutes aujourd'hui parcouru près de 100 000 miles. Enfin, en mai 1902, quatre nouvelles voitures du même type subirent la même transformation. Les bandages des voitures mises en service en 1900 ont dû être repassés au tour à plusieurs reprises; l'auteur ne peut préciser combien d'opérations de ce genre ont été faites, mais leur nombre a été certainement très faible, car pour deux des voitures le premier passage au tour n'a eu lieu qu'en juin 1904 (il est vrai que ces voitures avaient moins roulé que les autres). Les cassures de boudin, toujours très fréquentes sur les voitures du réseau encore munies de roues en fonte, n'ont jamais été constatées jusqu'ici sur celles munies de roues à bandage d'acier. Ces ruptures fréquentes des boudins des roues en fonte sont attribuées par l'auteur, principalement à l'inégale dilatation que subissent la jante et le boudin pendant les freinages; la jante est en effet portée à une haute température tandis que le boudin, qui n'est pas soumis au frottement du sabot du frein, s'échauffe très peu. La différence de température est d'ailleurs naturellement plus accentuée quand l'ornière dans laquelle est engagé le boudin est pleine d'eau, laquelle refroidit le boudin, de sorte que, si la raison précédente est exacte, les cassures doivent être surtout nombreuses pendant la mauvaise saison; or c'est ce que l'auteur a remarqué. Mais s'il n'y a pas de cassure des boudins dans les roues à bandage d'acier, l'usure de ces boudins se produit néanmoins et, comme c'est la principale cause qui limite la durée de ces roues, il y a lieu de s'en préoccuper. Or, l'auteur a remarqué que les roues des trucks à 1^m,20 d'empattement, c'est-à-dire inférieure à la distance entre rails, s'usent bien plus rapidement que celles des trucks à 1^m,52 d'empattement, l'usure portant sur le boudin pour deux roues en diagonale et sur le bandage pour les deux autres. Il pense donc qu'en donnant à l'empattement des trucks une valeur convenable, on pourra réduire notablement l'usure ou en tout cas la rendre plus régulière. (Pour vérifier ce point, il se propose de faire équiper, avec des roues à bandage d'acier, des voitures à simple truck de 1^m,80 d'empattement). M. Crawford examine ensuite la question des dépenses. Une roue en fonte coûtant 30^{fr} ne peut guère faire plus de 30 000 miles; la dépense est donc de 1^{fr} par 1 000 miles. D'autre part, un bandage d'acier coûte 60^{fr}; il faut compter 5^{fr} pour sa pose sur la roue elle-même et 5^{fr} pour trois passages au tour, chaque opération ayant lieu après un parcours moyen de 50 000 miles; le parcours total étant de 200 000 miles au moins, la dépense ressort alors à 0^{fr},40 par 1 000 miles, c'est-à-dire qu'elle est inférieure à la moitié de la dépense nécessitée par une roue en fonte. L'auteur arrive ainsi à la même conclusion que le directeur des tramways de Norwick, signalée ici il y a quelques semaines (*Revue électrique*, t. II, p. 337, 15 dé-

cembre 1904), à savoir : que les roues à bandage d'acier sont plus économiques que les roues en fonte. Il convient cependant de faire observer que, dans son calcul, l'auteur ne tient pas compte du prix d'achat de la roue sur laquelle est posé le bandage; il estime que le corps de la roue étant inusable (puisque'il suffit de remplacer le bandage pour avoir une roue neuve), la dépense afférente ne doit pas être comptée aux dépenses de roulement, mais simplement ajoutée au prix des châssis. Ajoutons qu'en terminant l'auteur signale que des essais ont été faits par sa Compagnie avec des roues entièrement en acier fondu et forgé; mais ces essais sont de date trop récente pour qu'il puisse en tirer des conclusions.

Emploi du chlorure de calcium pour l'enlèvement du verglas sur le rail de contact (*Street Railw. Journ.*, t. XXV, p. 109 et 197, 21 janvier et 4 février). — La formation du verglas, sur la surface des rails d'alimentation des lignes de traction à troisième rail, est souvent la cause d'interruption de service. Le remède le plus généralement employé consiste à placer en avant des sabots de prise de courant des balais ou des brosses métalliques qui enlèvent le verglas. Mais ce remède est loin d'être parfait, car, si la couche est épaisse, elle est rarement enlevée complètement et, si elle est très mince, l'action des brosses ou balais est à peu près nulle. On obtient de meilleurs résultats en répandant sur le rail une solution chaude de chlorure de sodium ou de chlorure de calcium qui fait fondre le verglas assez rapidement et nettoie parfaitement le rail si la couche est peu épaisse et de formation récente; le chlorure de calcium est d'ailleurs préférable au chlorure de sodium, car son action chimique sur l'acier est beaucoup plus faible que celle de ce dernier sel. L'Aurora, Elgin and Chicago Railway a appliqué ce procédé avec succès. La solution de chlorure de calcium, formée de 500^g de ce sel fondu pour 1^l d'eau chaude, est répandue sur le rail par des tubes de 6^{mm} aboutissant à quelque distance en avant des sabots de contact, puis étendue à l'aide de balais flexibles disposés entre ces sabots et les ajutages. Quand la couche de verglas est mince, elle est presque immédiatement fondue; si elle est épaisse, la fusion n'est pas complète, mais la glace se trouve en général suffisamment imprégnée de chlorure de calcium pour être rendue conductrice. D'ailleurs, la recongelation ne se produisant pas, à moins d'un froid exceptionnel, tant que la glace reste imprégnée, le passage successif des trains finit par produire la fusion complète et le plus souvent, au bout d'une heure ou deux de service, le rail de contact est parfaitement nettoyé. Ce n'est qu'en cas de chute ininterrompue de verglas que le système devient inefficace. La solution de chlorure de calcium établissant une connexion conductrice entre le rail de contact et la canalisation établie pour la répandre, il importe que cette canalisation soit en bon contact avec le châssis de la voiture et par suite avec le rail de retour du courant pour éviter que la manœuvre des robinets de réglage ne devienne dangereuse; le courant dérivé qui en résulte n'a d'ailleurs jamais une intensité assez forte pour gêner l'exploitation. Pour permettre l'application immédiate du système au moment opportun, des récipients pleins de la solution sont placés en réserve sur les quais de diverses stations; au passage d'un train à ces stations un récipient est placé sur chaque voiture automotrice, puis relié à la canalisation au moyen d'un raccord en caoutchouc; aux stations terminus les récipients sont remplis, sans qu'il soit besoin de les retirer des voitures, en les mettant en relation avec de grands réservoirs disposés à une hauteur convenable et toujours maintenus pleins de la solution. Il faut compter sur une consommation moyenne de 2^l,5 de solution par kilomètre, soit environ 1^{kg},250 de chlorure de calcium fondu; celui-ci coûtant 11^{fr} les 100^{kg}, la dépense monte donc à 0^{fr},13 par kilo-

mètre. Le débit de la solution doit d'ailleurs être réglé suivant l'épaisseur du verglas, car, quoiqu'il ne soit pas certain que cette solution corrode le cuivre, il est prudent de n'en pas laisser couler sur les connecteurs en cuivre du troisième rail.

Accumulateurs hydrauliques et récupération d'énergie dans les installations de traction électrique à courants triphasés, par F. CELERI (*L'Elettricista*, t. XIV, p. 17, 15 janvier 1905). — On connaît l'initiative prise par la Société des Voies ferrées de la Méditerranée pour l'application de l'électricité à la traction des chemins de fer. Les essais (*Elettricista*, t. XIII, p. 295, 1^{er} nov. 1904) ont mis en évidence le rôle des accumulateurs hydrauliques et de la récupération d'énergie électrique. — L'utilisation de l'énergie hydraulique pendant la journée de service est, en effet, extrêmement variable pour une installation et diffère encore d'une installation à l'autre. Le système qui consisterait dans l'emploi de trains légers successifs, répartis dans les 24 heures ou plutôt dans les 18 heures de service journalier, est irréalisable; on ne peut pas plus fractionner les trains de voyageurs qui doivent partir d'un point déterminé ou arriver en un autre à heure fixe que les trains de marchandises, ces derniers par suite des dépenses d'exploitation qu'ils entraîneraient au moins dans l'état actuel. Il en résulte une très grande variation dans l'énergie demandée à l'usine génératrice et par suite des pointes accentuées dans les diagrammes d'utilisation. C'est ainsi, par exemple, que, pour les chemins de fer de la Valteline, la puissance peut atteindre 2000 kilowatts une ou deux fois par jour et cela pendant des périodes qui ne dépassent pas 3 minutes chaque fois; tandis que pendant les 18 heures de service la puissance atteint assez fréquemment, mais pendant une courte durée, des valeurs comprises entre 1000 et 2000 kilowatts et reste au contraire assez longtemps au-dessous de 1000. — Le problème général se pose de la façon suivante : Une exploitation exige une puissance

$$W = W_1 + W_2,$$

W_1 étant la puissance la plus fréquemment utilisée et W_2 le maximum qui peut être demandé au-dessus de W_1 ; l'installation peut fournir comme puissance maxima W_1 . Comment, avec cette puissance W_1 , pourra-t-on assurer le service W_2 ? — Dans le cas de courants continus on a recours aux accumulateurs électriques, il n'en peut être de même avec les courants alternatifs. La Società Adriatica a résolu la question par l'emploi des accumulateurs hydrauliques, c'est-à-dire de bassins de réserve permettant d'accumuler la force hydraulique quand la puissance est inférieure à W_1 pour la restituer et, quand besoin est, fournir $W_1 + W_2$. L'utilisation de turbines à réaction déterminées pour chaque cas permet d'assurer un fonctionnement régulier malgré les variations de niveau du bassin de charge. C'est ainsi qu'à l'usine hydro-électrique de Morbegno (*loc. cit.*), la puissance saute de quelques centaines de kilowatts à des valeurs comprises entre 1000 et 2000 en 2 ou 3 minutes et revient rapidement à quelques centaines. — On peut, dans certains cas, en employant les accumulateurs hydrauliques, utiliser une puissance qui atteint à peine la moitié de la valeur maxima exigée. Cette réalisation se présente dans des conditions d'autant meilleures que la hauteur de chute est moindre, parce que l'action est plus rapide et que dans les chutes de grande hauteur les conduites peuvent souffrir des brusques variations de vitesse de l'eau. — L'auteur termine en faisant observer que la récupération de l'énergie pendant que les trains descendent de fortes pentes, tout en n'étant pas à négliger, est loin de présenter l'intérêt qu'on lui accorde souvent à cause des variations d'horaires et des retards des trains qui rendent un peu illusoire les précautions prises dans l'établissement du mouvement des trains. G.

Ligne interurbaine Lansing-Saint-Johns, États-Unis (*Street. Railw. Journ.*, t. XXV, p. 344-349, 25 février). — On se souvient peut-être que cette ligne (32^{km}) devait être exploitée par le système électropneumatique Arnold et que dans le courant de 1902 elle avait été équipée pour l'alimentation des moteurs sous 1500 volts (voir *Revue électrique*, t. I, p. 14, 15 janvier 1904). A la suite de l'incendie qui, en décembre 1903, détruisit la voiture d'essais de M. Arnold, le système de cet ingénieur fut abandonné et l'équipement électrique fut modifié de manière à effectuer l'exploitation par le courant continu. Celui-ci est fourni par deux sous-stations recevant des courants triphasés à 5500 volts transmis de l'usine génératrice hydraulique de Lansing.

Locomotive électrique de manœuvre de la Brooklyn Transit Company (*Street. Railw. Journ.*, t. XXV, p. 350-352, 25 février). — Dans les ateliers de réparations des voitures de tramways il est souvent nécessaire de déplacer ces voitures et si, elles ne peuvent être déplacées par leurs propres moyens, il faut avoir recours à un tracteur spécial. Un tracteur à vapeur a l'inconvénient d'augmenter les chances d'incendie et l'emploi d'une voiture motrice ordinaire a celui d'immobiliser à l'atelier un véhicule généralement coûteux. Pour éviter l'un et l'autre inconvénient, la Brooklyn Transit Company a fait construire pour ses ateliers de la Third Avenue, à Brooklyn, une locomotive légère à trôlet. L'article donne la description de cette locomotive, qui ne présente d'ailleurs aucune particularité saillante.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : ANSTETT. USAP. 780698, 9 août 1904 (chemin de fer électrique). — CAMPBELL. USAP. 779204, 11 oct. 1902 (chemin de fer électrique). — DE LA MAR. USAP. 778256, 783027 et 783028, 8 mars et 9 juin 1904. — GREENWOOD. USAP. 778832, 16 juillet 1904. — KINSMAN. USAP. 781431, 8 déc. 1903 (chemin de fer électrique). — PATENALL. USAP. 777971 et 777972, 7 avril et 19 sept. 1902 (chemin de fer à grande vitesse et appareils accessoires). — ROSS et MATTHEWS. BP. 3010, 1904 (traction électrique). — SAYER. BP. 12729, 1904 (chemin de fer électrique). — THOMPSON. USAP. 780386, 26 juillet 1904 (traction électromagnétique). — THOMSON-HOUSTON COMPANY. BP. 818, 1904 (chemin de fer électrique). — WITTAKER. BP. 24722, 1903 (tramway électrique). — ZEHDEN. USAP. 782312, 21 juin 1902 (appareils de traction électrique).

Prises de courant : Trôlet : COOK. USAP. 780977, 3 août 1904. — KILBOURN et FLOWER. BP. 4874, 1904. — KIRWAN et QUANAY. BP. 22404, 1904. — MARTLAND. USAP. 782405, 2 janv. 1903. — MILLER. USAP. 781962, 30 sept. 1904. — PULLEN. USAP. 781359, 26 mars 1904. — REESE et WEITZEL. USAP. 779432, 10 juin 1904. — SOSENHEIMER. USAP. 783228, 11 août 1904. — WILLIAMS. USAP. 782589, 17 juin 1904. — Divers : COPE. USAP. 781404, 29 oct. 1904 (support pour trôlet). — GREENMAYER. USAP. 782195, 4 fév. 1903 (appareil pour vérifier la pression du trôlet sur le fil). — HART. USAP. 781721, 15 avril 1904 (protecteur pour roue de trôlet). — MAGNET. USAP. 782786, 11 juillet 1904 (contrôleur de trôlet). — PALMROS. USAP. 782796, 6 juin 1901 (aiguille pour trôlet). — UNDERHILL. USAP. 781316, 21 mai 1904 (protecteur pour roue de trôlet).

Freinage : GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 2449, 1904. — GILL. USAP. 778238, 6 oct. 1900. — LOCKWOOD. USAP. 780568, 16 avril 1903. — MAHONEY. USAP. 776526, 21 janv. 1904. — STAMM et LEWIS. BP. 25120, 1904. — THOMSON-HOUSTON. BP. 3261, 1904. — WILCOXSON. USAP. 778729, 7 juin 1904.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Nouveau manipulateur magnétoélectrique A. Falcone, pour la télégraphie, par G. SANTARELLI (*L'Elettricista*, t. XIII, p. 129, 1904).

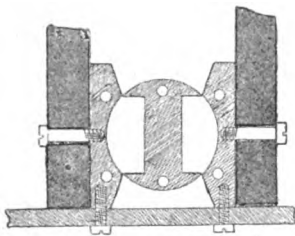
La construction d'un manipulateur fermant le circuit de transmission et produisant simultanément le courant nécessaire au signal, a été le but de nombreuses recherches qui, malgré l'ingéniosité des inventeurs, n'ont pas encore abouti à la réalisation d'un appareil vraiment pratique permettant de supprimer dans beaucoup de stations la batterie de pile ⁽¹⁾.

Le point capital d'un tel système est le rendement du manipulateur. La production de courant est, en effet, due uniquement au travail moteur effectué par la main de l'employé et il faut éviter que l'appareil ne soit dur à manipuler.

Le dispositif Falcone est le suivant :

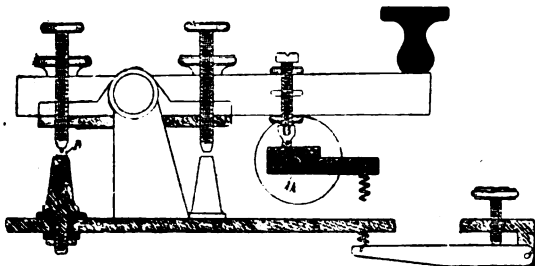
Dans le champ engendré par deux aimants per-

Fig. 1.



manents peut tourner de 20° à 30° une bobine enroulée sur un noyau de fer ayant la forme d'un

Fig. 2.



double T (fig. 1). L'axe de cette bobine (projeté en A fig. 2) est relié par une extrémité à un levier

(1) Il ne faut pas penser trouver l'emploi d'un manipulateur générateur sur les lignes de grande longueur ou sur celles à télégraphie multiple. Mais le manipulateur électromagnétique doit rendre de grands services dans la télégraphie militaire où les lignes n'ont pas un grand rayon d'action et où la suppression, soit des piles, soit des générateurs électromagnétiques indépendants, est un avantage précieux. L'emploi de l'appareil est encore indiqué sur les lignes à faible trafic où les appareils ordinaires de Morse suffisent et dans les services de chemins de fer.

d'acier normal à l'axe et sur lequel appuie une petite tige portée par la manette du manipulateur. Ce dispositif constitue le mécanisme amplificateur.

Les connexions sont établies de façon qu'en position de repos la bobine soit en court-circuit, ce qui supprime sa résistance quand un signal doit arriver au récepteur local.

La différence essentielle entre la transmission avec batterie et celle que donne le manipulateur Falcone ⁽¹⁾ réside dans la nature des courants émis. Avec cet appareil, on a un courant d'un certain sens quand on abaisse la manette et un courant inverse quand on l'abandonne. Ces deux courants sont à peu près de durée invariable. De telle sorte que la distinction entre le point et la ligne est faite par l'intervalle de temps qui sépare deux courants inverses; tandis que, dans le dispositif à pile, elle consiste dans la durée de l'émission d'un courant de sens invariable.

Ceci oblige à modifier le récepteur Morse, en rendant l'électro-aimant polarisé par l'addition d'un aimant permanent ⁽²⁾. G.

Transmetteur électromagnétique pour la télégraphie, par G. GIRARDI (*Elettricista*, t. XIV, p. 22, 15 janv.). — Le dispositif de M. Girardi fait partie, comme le précédent, de la catégorie de transmetteurs qui empruntent l'énergie électrique au mouvement imprimé par le télégraphiste au lieu de recourir à l'utilisation d'une pile. Mais il permet de correspondre avec un récepteur Morse ordinaire, et d'ailleurs l'ensemble de la ligne pourrait aussi bien fonctionner avec une pile. — Le système, mis à l'essai par le Génie militaire italien, repose sur l'utilisation du magnétisme résiduel de l'électro-aimant du récepteur. Quand on abaisse la touche du manipulateur, il se produit une brève émission de courant qui détermine dans l'électro-aimant du récepteur l'attraction de l'armature; le relèvement donne une seconde émission en sens contraire et de durée à peine suffisante pour détruire le faible magnétisme qui est laissé dans les noyaux et qui suffit à maintenir l'armature attirée pendant un certain temps. Le détachement est produit par une légère tension d'un ressort antagoniste. G.

Sur la télégraphie terrestre, par S. PAOLO (*Elettricista*, t. XIV, p. 31, 15 janv.). — L'auteur décrit un dispositif qu'il a utilisé depuis 1899 dans les sous-stations du réseau de transport d'énergie électrique de la Società Ogoznetta, un système de transmission télégraphique et téléphonique permettant d'utiliser la même ligne pour les deux services par simple intercalation d'appareils. G.

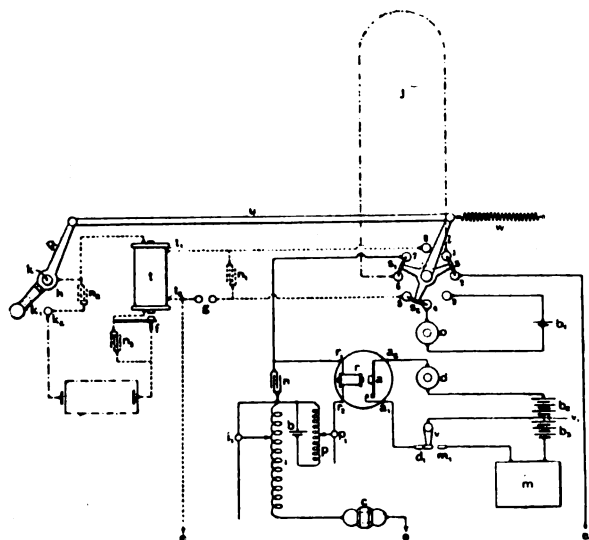
(1) Les expériences pratiques ont montré qu'il n'y a pas diminution dans la rapidité de transmission sur ce qu'un bon télégraphiste peut obtenir avec un manipulateur ordinaire servi par une batterie de pile.

(2) La résistance la plus favorable pour la bobine induite du manipulateur est de 1200 ohms environ. Avec un récepteur Morse du type ordinaire et une bobine de 600 ohms à électro-aimant polarisé, on peut obtenir une bonne transmission en insérant jusqu'à 18000 ohms dans le circuit. On n'observe pas d'effets nuisibles si l'on insère une partie de cette résistance sous forme de bobines d'induction représentant plusieurs machines en série, ou si l'on met en dérivation une capacité de 2 microfarads, ce qui correspond au cas des câbles souterrains ou sous-marins.

Appareils de télégraphie sans fil de Nevil Maskelyne (*Elekt. Zeits.*, t. XVI, 12 janv., p. 29). — Nevil Maskelyne a imaginé, pour la production et la réception des ondes électriques, un nouveau système d'appareils décrits dans l'*Electrician*, du 14 octobre 1904. Au transmetteur et au récepteur, les vibrations électriques sont produites dans des circuits fermés, dans des antennes en boucle formées d'un fil bien isolé ou d'une série de fils montés en parallèle.

Transmetteur. — Un levier est disposé mobile autour d'un axe h (*fig. 1*) de façon à avoir un mouvement limité vers la

Fig. 1.

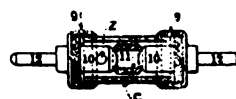


droite et vers la gauche. L'extrémité q de ce levier est reliée par la tige d'ébonite u à la manette l d'un commutateur à trois branches autour duquel sont disposés 8 contacts. Les trois bras sont isolés et portent les segments métalliques s , s_1 et s_2 qui, suivant la position de la manette, relient l'un à l'autre différents contacts. Au repos, la tige u est tirée vers la droite; les segments s_1 et s_2 relient les contacts 6-7 et 1-2, auxquels aboutissent les extrémités du circuit récepteur. Le circuit transmetteur se trouve ainsi déconnecté. Si la clef de manipulation est pressée vers la droite, les contacts k_1 et k_2 ferment le circuit transmetteur et, simultanément, les segments s et s_1 relient les contacts 1-8 et 6-5, ce qui met l'antenne en communication avec le système transmetteur. En même temps, le segment s_2 , par les contacts 4-3, ferme le circuit qui doit déconnecter l'indicateur d'ondes. Tous les contacts se trouvent dans un bain d'huile, pour empêcher un jaillissement d'étincelles pendant la transmission.

Récepteur. — c (*fig. 2*) est un indicateur d'ondes que l'auteur appelle *conjoncteur*. Il se compose d'un petit tube de verre c , sur les extrémités duquel sont placées deux coiffes métalliques g . Les pièces d'acier 10 qui traversent ces couvercles ont leurs extrémités intérieures arrondies en demi-sphères et parfaitement polies. Les deux demi-sphères sont à environ 5 mm l'une de l'autre et l'intervalle est occupé par un cylindre creux en acier 11 , dont le diamètre intérieur est plus petit que le diamètre des demi-sphères sur lesquelles il repose. Les bouts du cylindre sont taillés en biseaux tranchants et très bien polis. Avant de se servir de l'appareil, on le chauffe dans un creuset de platine jusqu'à ce que les surfaces en contact soient recouvertes d'une légère couche d'oxyde jaune pâle. Le tout est ensuite renfermé

hermétiquement dans le petit tube de verre c . A cause de la couche d'oxyde, le conjoncteur n'est pas conducteur pour des courants de potentiel peu élevé, tandis qu'il devient conducteur sous l'influence des oscillations électriques. Pour faire disparaître la conductibilité après l'action des ondes, on soumet le conjoncteur aux ébranlements produits par l'armature d'un trembleur. Dans la position de réception, une extrémité de l'antenne en boucle est reliée immédiatement à la terre par les contacts 1-2; l'autre extrémité est mise également à la terre par l'intermédiaire du condensa-

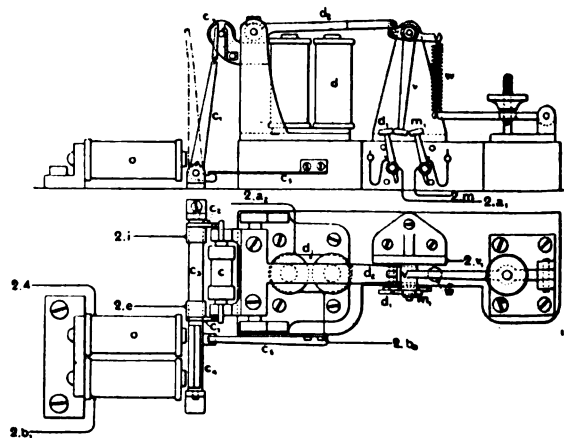
Fig. 2.



teur n , de la self-induction réglable i et du conjoncteur c . Tant que le conjoncteur est au repos, aucun courant de la batterie b ne passe par le relais r ; sous l'influence des vibrations électriques, le conjoncteur devient conducteur, un courant passe par le relais r , dont l'armature a est mise en action et ferme deux circuits locaux : celui du disjoncteur d qui fait cesser la conductibilité du conjoncteur, et le circuit de l'appareil inscripteur m . Les deux batteries locales b_1 et b_2 sont montées en série. Du point de jonction v , part un fil allant à la manette v d'un commutateur à deux contacts, d_1 et m_1 . La manette v est mue par l'armature d_2 du disjoncteur et par le ressort spiral w .

Le contact d_1 (*fig. 3*) est relié au contact a_1 du relais r ,

Fig. 3.



le contact m_1 , à l'appareil inscripteur m . Au repos, la manette v est en d_1 . Quand l'armature a est attirée, le courant va de v_1 à v et revient à v_1 par d_1 , a_1 , a , a_2 et d . L'électroaimant du disjoncteur d attire son armature d_2 qui, de son côté, fait mouvoir la tige v . Aussitôt que v commence son mouvement, le bras vient toucher le contact m_1 , l'appareil inscripteur fonctionne. Au moment où v termine son mouvement, le bras v abandonne le contact d_1 et interromp le circuit du relais, l'armature d_2 est de nouveau lâchée, le conjoncteur est ébranlé, toutes les parties reviennent à l'état normal et sont prêtes pour la réception de nouvelles vibrations. Depuis le commencement jusqu'à la fin des mouvements de v , les deux circuits locaux sont ainsi fermés.

Pour protéger le conjoncteur contre les actions des vibrations sortant du transmetteur, on le retire du circuit pendant la transmission au moyen du relais o (*fig. 3*) dont le

circuit est fermé par la réunion des contacts 3-4 avec le segment s_2 . Les pôles du conjoncteur c sont reliés au circuit par les ressorts c_1 et c_2 , fixés sur un axe mobile c_3 . Cet axe porte également une armature c_4 . Quand celle-ci est attirée par le relais o , elle enlève simultanément des pôles les ressorts c_1 et c_2 . Au repos, le ressort c_3 presse les ressorts c_1

Fig. 4.

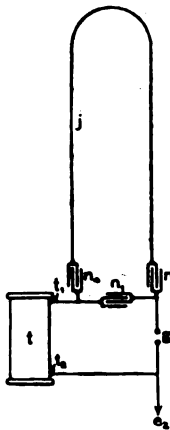


Fig. 5.

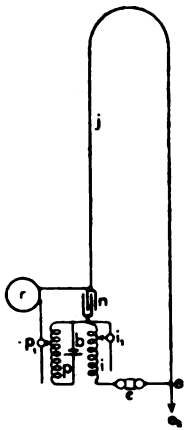
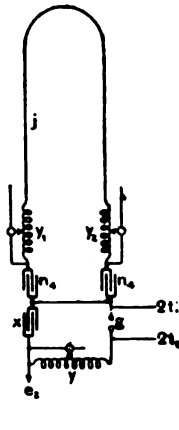


Fig. 6.

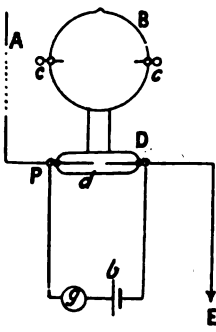


et c_2 contre les pôles. Si, pour la transmission, la touche est abaissée, le segment s_2 ferme le circuit du relais o et déconnecte ainsi le récepteur d'ondes qui s'intercale de nouveau automatiquement lorsque la touche est laissée libre.

La figure 4 représente schématiquement la disposition du transmetteur et la figure 5 celle du récepteur. La figure 6 représente une disposition permettant le changement de la fréquence des vibrations; y_1 et y_2 sont des bobines d'inductance et α un condensateur variable.

J. R.

Un nouveau détecteur d'ondes (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, 29 décembre 1904, p. 118). — La *Phy-*



lieu en d , le circuit de la batterie est fermé et le galvanomètre montre une déviation. Le courant de la batterie circule aussi longtemps que dure l'excitation des ondes et disparaît ensuite. Le *décohérence* est donc automatique.

J. R.

BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie : ARMSTRONG et ORLING. BP. 2066 et 24516, 1904 et 1903 (récepteur). — ATHEARN. USAP. 782099 et 782892, 2 juin 1902 et 13 mai 1904 (répétiteur). — BACHNER. DRP. 158908 et 159000, 23 juillet 1902 et 24 mai 1903 (transmission par courants induits des signaux Morse et ré-

cepteur). — BARRY. USAP. 779524, 9 avril 1904 (télégraphie). — FIELD. BP. 4176, 1904 (télégraphie multiplex). — GATI. BP. 2731, 1904 (télégraphie). — GREGORY. USAP. 781416, 781417 et 781418, 30 mars 1904 (télégraphie). — HAMMOND. BF. 348407, 1^{re} déc. 1904 (tableau de distribution pour systèmes télégraphiques, téléphoniques et autres). — KITSEE. BF. 348407, 3 déc. 1904 (télégraphie sous-marine). — LARISH. USAP. 782254, 18 août 1904 (relais télégraphique). — OLSEN et KINNEAR. USAP. 781736, 1^{er} août 1904 (relais). — RIBBE. BP. 29428, 1904 (télégraphie). — RØGER. USAP. 779443, 9 mars 1901 (télégraphie). — ROUSSEL. USAP. 783389, 9 avril 1904 (récepteur). — SHAW. USAP. 782066, 15 avril 1904 (télégraphie automatique avertisseur). — SØGMAKER. USAP. 782422, 1^{re} sept. 1904 (récepteur). — STUMM. USAP. 781752, 4 déc. 1902 (télégraphie). — WOLF. DRP. 159331, 17 avril 1904 (télégraphie).

Télégraphie sans fil : FESSENDEN. DRP. 158538, 3 déc. 1902 (récepteur d'ondes magnétiques). — GESELLSCHAFT FÜR DRAHTLOSE TELEGRAPHIE. BF. 347142, 17 oct. 1904 (dispositif de télégraphie sans fil). — KIRCHNER. DRP. 158280, 25 juin 1903 (télégraphe imprimeur pour télégraphie sans fil). — LESEMAN. DRP. 158442, 16 août 1903 (commutateur pour télégraphie sans fil). — MEYER. DRP. 158539, 2 décembre 1903 (récepteur pour télégraphie sans fil). — STROCK et Co. DRP. 158371, 11 mai 1904 (commutateur pour télégraphe à batterie centrale). — STONE BF. 348195, 348196, 348197, 348198 et 348199, 23 nov. 1904 (télégraphie sans fil). — SMITH. BP. 21129, 1903 (appareil d'utilisation des ondes hertziennes). — THOMPSON. BP. 26367, 1904 (télégraphie sans fil). — VREELAND. USAP. 780842, 1^{er} août 1904 (réception des ondes électromagnétiques). — WILBERG. DRP. 158758, 26 nov. 1903 (dispositif pour communiquer avec plusieurs stations de télégraphie sans fil).

Téléphonie : BERTY (MAC). USAP. 780679, 26 janv. 1901 (appareils pour tableaux téléphoniques). — BOAS. DRP. 158 596 et 158 504, 2 février et 12 mai 1904 (microphone). — BULLARD. BF. 348 062, 11 nov. 1904; BP. 21819, 1903 (système d'intercommunication téléphonique automatique à petit nombre de lignes). — BOURDIL. BF. 348 140, 18 janvier 1904 (perfectionnements apportés aux microphones). — DEAN. USAP. 780601, 22 mars 1901 (téléphone à système central). — EKSTROM. USAP. 780713 et 780093, 20 oct. et 17 déc. 1902 (téléphone à batterie centrale). — FAIRWEATHER. BP. 27 330 et 28 003, 1903 (téléphone). — GRAHAM. DRP. 158 053, 15 janv. 1904 (téléphone avec parleur et écouteur dans la même boîte). — HENDERSON. DRP. 158 537, 31 juillet 1902 (téléphone). — KINGSBURY. BP. 3431, 1904 (téléphone). — LUNDQUIST. USAP. 776 524, 30 avril 1900 (téléphone). — REEVE. USAP. 780 525, 9 juin 1904 (pupitre pour téléphone). — RIES. USAP. 777 807 et 777 808, 23 juin 1899 et 23 juin 1900 (téléphone). — ROMANOFF SYNDICATE LD. BP. 27 783, 1903 (téléphone). — SCRIBNER. USAP. 776 429, 9 avril 1900 (compteur de conversations téléphoniques). — SIEMENS ET HALSKE. DRP. 157 796, 158 797 et 158 798, 7 oct., 10 mars et 17 mai 1903 (commutateur pour téléphones); DRP. 158 372, 12 mai 1904 (dispositif pour éviter les bruits parasites dans le téléphone). — SMITH. USAP. 779 004, 3 avril 1903 (système de téléphone). — SMYTHE. USAP. 776 435, 24 mai 1902 (tableau téléphonique). — SPRINGBORN. USAP. 779 811, 3 avril 1903 (système de téléphone). — STOCK. DRP. 157 932, 18 nov. 1903; BP. 22 355, 1904; BF. 347 149, 16 oct. 1904 (téléphone). — TALLEY. USAP. 776 960, 19 mai 1903 (transmetteur). — TZWIE-TUSCH. DRP. 157 771, 15 mars 1904 (compteur de conversation pour téléphones); DRP. 158 799, 13 novembre 1903 (commutateur). — WATKINS. USAP. 779 892 et 779 893, 1^{er} mai et 4 nov. 1903 (téléphone et signal pour téléphone).

MESURES ET ESSAIS.

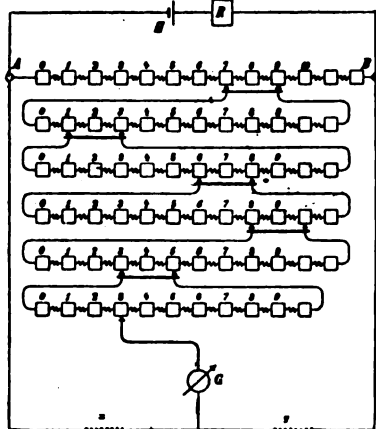
Pont et potentiomètre du professeur Wilh. Thiermann, par Wilh. SCHUPPEL (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 849, 24 septembre 1904).

Cet appareil repose sur la disposition de Varley ; il renferme six séries de résistances dont les bobines ont, dans chacune d'elles, une résistance cinq fois plus grande que dans la série qui suit :

1°	12 bobines de 2000	ohms
2°	11 —	400 —
3°	11 —	80 —
4°	11 —	16 —
5°	11 —	3,2 —
6°	10 —	0,64 —

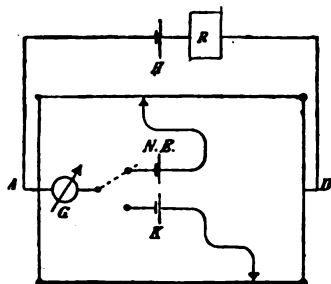
Ainsi qu'il est facile de le comprendre par le schéma de la figure 1, chaque série fait l'effet d'un

Fig. 1.



vernier sur celle qui la précède, de sorte que si la première série représente, au total, l'unité, la posi-

Fig. 2.



tion des contacts reliés à la seconde série donne les dixièmes, et ainsi de suite jusqu'à la sixième décimale.

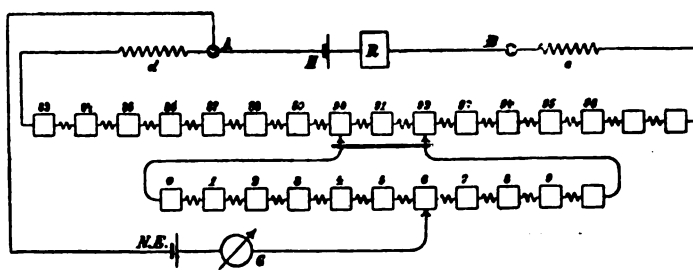
Les contacts de la seconde série établissent une dérivation sur deux bobines de la première, dont la résistance se trouve ainsi réduite à celle d'une seule, ce qui fait que la résistance totale comprise entre A et B est seulement celle de 11 bobines, soit 22 000 ohms.

L'ensemble forme une sorte de pont à fil très résistant sur lequel la position du curseur peut être appréciée à un millionième près de la longueur totale du fil. L'emploi pour la mesure des résistances se comprend aisément, toutes les méthodes employées avec le pont à fil sont applicables.

Pour faire de l'appareil un potentiomètre susceptible d'applications multiples, l'inventeur a été conduit à compliquer notablement l'ensemble. Afin de permettre la vérification fréquente de l'étalonnage, un second potentiomètre, basé sur le même principe mais plus simple, a été placé en dérivation sur le premier, de sorte que, par le simple déplacement d'une manette de commutateur, on passe de la comparaison avec l'élément normal NE à la force électromotrice inconnue K (fig. 2). Le second potentiomètre doit servir uniquement avec les étalons Weston, dont les valeurs limites sont 1,0183 et 1,0197 ; il se compose d'une résistance fixe de 20366 ohms ($20000 \times 1,0183$), puis d'un dispositif de Varley formé de 13 bobines de 2 ohms et de 10 bobines de 0,4 ohm et enfin d'une seconde résistance fixe de 1606. La résistance totale de ce second potentiomètre est ainsi égale à celle du premier. L'approximation sur la valeur de l'étalon correspond au cent-millième de volt.

Le potentiomètre double, composé comme ci-dessus, permet donc la mesure entre un microvolt et

Fig. 3.



1,1 volt. Si la tension à mesurer est beaucoup plus petite que la différence de potentiel entre A et B, il faut abaisser cette dernière au moyen du dispositif représenté par la figure 4. Les résistances de a à f doivent avoir des valeurs telles que, pour toutes les

ment la sensibilité du galvanomètre en réduisant d'abord le pouvoir multiplicateur du shunt et ensuite en supprimant les résistances additionnelles.

Dans la réalisation de l'appareil, toutes les fiches ont été remplacées par des contacts glissants portés par des manettes. Le schéma général est donné par la figure 8; il y a 6 manettes pour le premier potentiomètre et 2 pour le second; 1 pour le commutateur de tension et 1 pour le galvanomètre; enfin 5 manettes servent pour les résistances de réglage qui se composent de 9 bobines de 1000 ohms, 9 de 100, 9 de 10, 9 de 1 et 9 de 0,1. L'étalonnage de ce potentiomètre se fait comme pour tous les appareils du même genre.

Comme on le voit, l'appareil est extrêmement compliqué, et, pour donner tous les résultats qu'en attend son inventeur, il faut que les résistances soient réglées avec une précision qui n'a jamais été atteinte jusqu'ici. Tel qu'il est, l'appareil se prête à toutes les mesures de tension depuis 1 millivolt jusqu'à 1100 volts, avec 6 chiffres significatifs! et les tensions supérieures peuvent être mesurées en employant plusieurs accumulateurs au lieu d'un seul pour fournir le courant auxiliaire.

H. A.

DIVERS.

Sur la chaleur dégagée dans la paraffine soumise à l'action d'un champ électrostatique tournant de fréquence élevée, par CH.-EUG. GUYE et DENSO (Note présentée à la séance du 13 février de l'Académie de Sciences, *Comptes rendus*, t. CXL, p. 433). — Le champ tournant est produit à l'aide d'un dispositif spécial et de quatre armatures métalliques disposées à angle droit et noyées dans la paraffine. La chaleur dégagée dans la paraffine est mesurée par un couple thermo-électrique fer-constantan, dont l'une des soudures est placée au centre du champ tournant, tandis que l'autre est disposée semblablement dans un appareil identique, mais dont les quatre armatures sont isolées. On pouvait ainsi faire agir le champ tournant dans l'un ou l'autre appareil et observer le déplacement correspondant du galvanomètre pour diverses tensions et diverses fréquences. Cette étude a conduit aux résultats suivants : 1° pour une même fréquence (entre les limites 400 et 1200 périodes par seconde), l'énergie dégagée sous forme de chaleur est proportionnelle au carré de la tension, fait déjà observé par plusieurs expérimentateurs avec les champs alternatifs lents; 2° pour une même tension, la puissance consommée sous forme de chaleur est proportionnelle à la fréquence; 3° le rapport entre la puissance consommée dans le champ tournant et celle consommée dans le champ alternatif (à tension et fréquence égales) est d'environ 2,56.

Sur le coefficient d'aimantation du bismuth, par G. MESLIN (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 499, 20 février). — L'auteur a mesuré ce coefficient pour un certain nombre de corps qui ont été déjà l'objet de déterminations soit en valeur absolue, soit en valeur relative.

Mercurie. — En prenant pour l'eau — 0,79.10⁻⁶, l'auteur a trouvé comme résultat immédiat de la mesure — 0,180 × 10⁻⁶,

et, en faisant la correction due au magnétisme de l'air, correction qui est ici additive et atteint 0,005, on a — 0,185.10⁻⁶. En prenant le même nombre pour l'eau les résultats des mesures de Plücker fournissent — 0,182.10⁻⁶ et ceux de Quincke — 0,183.10⁻⁶.

Bismuth. — L'auteur a trouvé — 1,39.10⁻⁶ pour le bismuth cristallisé et — 1,42.10⁻⁶ pour le bismuth fondu, à la température de +10°, correction de l'air comprise. Les mesures relatives de Faraday, Becquerel, P. Curie conduisent aux nombres 1,64, 1,75 et 1,35 (— 10°) en prenant pour l'eau — 0,79.10⁻⁶; les mesures directes obtenues par Ettingshausen, en employant plusieurs méthodes, donnent en moyenne — 1,44.10⁻⁶. (A ce propos l'auteur fait observer que les premiers résultats d'Ettingshausen donnaient — 1,49.10⁻⁶ et que c'est cette valeur qui a servi à calculer les susceptibilités magnétiques qui figurent dans plusieurs traités classiques.)

Sulfate et azotate de potassium. — Pour ces corps l'auteur a respectivement trouvé — 0,42.10⁻⁶ et — 0,32.10⁻⁶, en tenant compte de la correction due à l'air, correction additive pour le premier et soustractive pour le second. Antérieurement M. Curie a trouvé — 0,43.10⁻⁶ et — 0,33.10⁻⁶.

Sur les rayons cathodiques émis par l'anode, par E. ROGOVSKY (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 575, 27 février). — On sait que dans l'expérience classique du tube de Crookes à croix d'aluminium on obtient une ombre de cette croix sur les parois du verre lorsque l'électrode opposée à la croix sert de cathode. L'auteur est parvenu à obtenir le même phénomène en reliant cette électrode au pôle positif d'une petite bobine de Ruhmkorff (3^m à 5^m d'étincelle) : il suffit d'augmenter la résistance du circuit primaire de la bobine à peu près jusqu'à ce qu'elle cesse de fonctionner; la luminescence du tube change brusquement et l'ombre de la croix apparaît, seulement le fond vert est moins brillant que dans le cas où la même électrode est reliée à la cathode. Les rayons émis par l'anode sont déviés par un aimant dans le même sens que les rayons cathodiques. Un électroscope prouve une électrisation positive de l'électrode opposée à la croix.

Tension superficielle d'un diélectrique dans le champ électrique, par CH. FORTIN (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 576, 27 février). — Lorsque la surface de séparation de deux diélectriques fluides est placée dans un champ électrique, on observe une modification de cette surface; en particulier si l'on produit l'ascension capillaire d'un liquide entre les deux armatures planes et parallèles d'un condensateur, on constate une dénivellation quand on établit un champ entre ces armatures. Deux causes peuvent être assignées à cette dénivellation : d'abord les attractions électriques étudiées par M. H. PELLAT (*Comptes rendus*, t. CXXIII, p. 691); en second lieu une variation éventuelle DA de la tension superficielle A. En admettant que ces deux causes agissent simultanément, on trouve pour la dénivellation,

$$a = \frac{(K-1)}{8\pi dg} \frac{V^2}{e^2} + \frac{2DA}{e dg},$$

en appelant K le pouvoir inducteur spécifique du liquide, d sa densité, g l'accélération de la pesanteur, e la distance des armatures. Or l'expérience a montré à M. Fortin que cette dénivellation a est proportionnelle à V²; par suite DA doit être aussi proportionnel à V², et, comme DA ne peut évidemment être fonction que du champ F = V/e, il en résulte que DA est proportionnel à F², de sorte que l'on peut écrire

$$\frac{a}{F^2} = \frac{K-1}{8\pi dg} + \frac{2B}{e dg},$$

en appelant B le facteur de proportionnalité de DA. Cette

nouvelle expression montre que s'il y a variation de la tension capillaire, c'est-à-dire si B est différent de zéro, la dénivellation a doit, pour des champs constants, dépendre de e ; tandis que, s'il n'y a pas variation de la tension, a ne doit pas toujours, pour des champs constants, varier avec e ; on a donc ainsi un moyen de résoudre la question de la variation de la tension superficielle. — M. Fortin a mesuré l'ascension du pétrole entre deux lames de verre légèrement argentées, distantes de $0^{\text{mm}},0255$ dans une expérience et de $0^{\text{mm}},0124$, dans une autre; dans les deux expériences, un champ alternatif de 20 000 volts par centimètre, fréquence 42, était établi entre les armatures; les dénivellations mesurées furent respectivement $0^{\text{mm}},240$ et $0^{\text{mm}},246$: la différence est de l'ordre des erreurs de mesures. Si on la considère comme réelle, la variation de tension superficielle correspondante serait seulement de $0,0568$ dyne par centimètre; la valeur de la tension du pétrole étant de $25,5$ dyne : cm, la variation relative serait donc inférieure à $\frac{1}{436}$. Cette variation, si même elle existe, est pratiquement négligeable et l'on peut considérer la dénivellation comme entièrement due à l'attraction du diélectrique par le champ électrique. Alors elle peut servir à déterminer indirectement le pouvoir inducteur spécifique K . M. Fortin a trouvé ainsi : $K = 2,08$ pour le pétrole.

Sur les spectres des fluorures alcalino-terreux dans l'arc électrique, par CH. FABRY (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 578, 27 février). — Le fluorure de strontium, introduit dans l'arc, donne un spectre analogue à celui du fluorure de calcium que l'auteur a précédemment décrit (voir t. II, p. 62).

Sur l'ionisation due à l'émanation du radium, par W. DUANE (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 581, 27 février). — Si l'on introduit brusquement de l'émanation du radium dans un récipient disposé pour les mesures, le courant électrique de saturation que l'on peut faire passer à travers le gaz contenu dans ce récipient croît rapidement pendant les 10 premières minutes, puis plus lentement, et atteint une valeur maximum au bout de 3 heures environ; la relation entre l'intensité et le temps t , compté à partir de l'instant où l'émanation a été introduite dans l'appareil, est donc de la forme $A + Bf(t)$. MM. P. Curie et Danne ont déterminé l'expression de la fonction $f(t)$; l'auteur est parvenu à trouver les valeurs des coefficients A et B à l'aide d'expériences pour le détail desquelles nous renvoyons au Mémoire original.]

Action du bromure de radium sur la résistance électrique des métaux, par B. SABAT (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 644, 6 mars). — Les fils métalliques ($0^{\text{mm}},1$ à 1^{mm} de diamètre) étaient enroulés sur des tubes de papier mince à l'intérieur desquels on plaçait une ampoule de verre à paroi mince renfermant $0^{\text{g}},2$ de bromure de radium, mise à la disposition de l'auteur par M. P. Curie. La résistance électrique, mesurée au pont de Wheatstone, éprouve un accroissement immédiat qui se continue pendant quelques minutes, atteint pour le fer jusqu'à $0,776$ pour 100 de la résistance initiale; elle reprend sa valeur initiale quelques minutes après l'éloignement du bromure de radium. Suivant l'auteur, cet accroissement de résistance est dû à une absorption par les fils métalliques des radiations émises par le radium et, en particulier, des rayons β et à leur transformation en énergie calorifique qui, élevant la température des métaux, augmente leur résistance électrique.

Contribution à l'étude de l'ionisation dans les flammes, par P. MASSOULIER (*Comptes rendus*, t. CXL,

p. 647, 6 mars). — Continuant des recherches déjà signalées ici (t. III, p. 93), l'auteur a recherché quelle est l'influence de l'écartement des électrodes sur l'intensité du courant traversant une flamme où sont placées ces électrodes. Les flammes utilisées étaient produites par un bec de gaz de 10^{mm} ou 16^{mm} de diamètre; elles étaient réglées de manière à présenter l'un des trois aspects suivants : flamme blanche, éclairante, contenant des particules de carbone incandescent; flamme bleue, sans particules de carbone, mais sans cône; enfin flamme bleue, très chaude, avec cône vert de 5^{cm} de hauteur. Les électrodes étaient disposées verticalement (pour que leurs températures soient égales) à 2^{cm} au-dessus du bec. En faisant varier l'écartement des électrodes de 2^{mm} à 24^{mm} , l'auteur a constaté que l'intensité du courant produit par des différences de potentiel de 2, 88 à 880 volts était sensiblement indépendante de cet écartement. — Or, si l'ionisation était réellement un *phénomène de volume*, comme on l'admet, la quantité d'ions libérés par seconde serait proportionnelle à la distance des électrodes et les courants de saturation (s'ils pouvaient être obtenus) seraient proportionnels à la distance. L'auteur explique cette non concordance apparente de la théorie et de l'expérience par la même cause qui lui a permis d'expliquer l'impossibilité d'obtenir les courants de saturation : la non uniformité du champ entre les électrodes. L'observation directe lui a montré en effet que, avec une différence de potentiel de 2 volts entre électrodes, la chute de potentiel est très rapide dans le voisinage immédiat de la cathode et de l'anode et que, avec une différence de potentiel de 88 volts, la chute cathodique atteint 52 volts sur $0^{\text{mm}},5$. Par suite, l'ionisation ne peut se produire activement que dans une couche d'épaisseur très faible et ne peut, par conséquent, varier sensiblement quand on écarte les électrodes, cet écartement n'ayant d'autre effet que d'augmenter la région centrale où le champ est presque nul. — L'auteur signale incidemment un fait montrant que l'ionisation intense dont les flammes sont le siège dépend non seulement de leur température, mais encore des réactions qui s'y produisent : lorsqu'on passe de la flamme bleue, sans cône, formée de gaz en combustion, à la flamme à cône, plus chaude, mais formée de gaz presque complètement brûlés, toutes les autres conditions restant les mêmes, la déviation du galvanomètre passe de 20 à 4.

Variation de l'étincelle équivalente du tube à rayons X, par S. TURCHINI (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 649, 6 mars). — La longueur de l'étincelle équivalente d'un tube à rayons X donnant des renseignements sur les qualités pratiques du rayonnement émis, il était intéressant de rechercher les conditions qui la font varier. C'est cette recherche que l'auteur a entreprise. Il a constaté que l'étincelle équivalente croît avec l'intensité et plus vite que celle-ci; qu'elle est plus faible avec une bobine à grande self-induction qu'avec une autre bobine à faible self-induction, la différence étant d'autant plus accentuée que la fréquence est plus basse; qu'elle diminue et tend vers une limite quand, toutes choses égales d'ailleurs, la fréquence de l'interrupteur augmente.

Sur les dangers de l'électricité atmosphérique pour l'aérostation et les moyens d'y remédier, par A. BREYDEL (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 714, 13 mars). — L'auteur propose de mouiller les cordages ou de les enduire, ainsi que l'enveloppe et la nacelle, d'une substance conductrice quelconque, et à l'atterrissage de laisser pendre, attaché au guide-rope, un câble bon conducteur terminé par un faisceau métallique.

BIBLIOGRAPHIE (').

Traité pratique du transport de l'énergie par l'électricité, par Louis BELL. Traduction française, d'après la 3^e édition américaine, par ARMAND LEHMANN. Un volume format 25^{cm} × 16^{cm}, 717 pages, 288 figures et 21 planches. V^e Ch. Dunod, éditeur, 49, quai des Grands-Augustins, Paris. Prix : broché, 25^{fr}; cartonné, 26^{fr},50.

Il ne faudrait pas chercher dans cet ouvrage un exposé didactique de la question de la transmission électrique de l'énergie ; la méthode américaine, même dans l'exposé des sujets techniques, est toute différente de nos méthodes européennes ; tandis que nous aimons une belle ordonnance et un logique enchaînement des matières présentées dans un livre, l'Américain n'en a cure pourvu que le livre soit pratique. Laquelle des méthodes est préférable ? C'est ce qu'il serait difficile de dire. Si l'on envisage les progrès rapides de l'industrie électrique aux États-Unis, on peut prétendre que la méthode américaine est la meilleure. Mais, si l'on considère le développement de la science pure et des hautes conceptions techniques, on peut parfaitement différer d'avis.

L'ouvrage de M. Louis Bell, dont les éditions successives ont eu un grand retentissement aux États-Unis, est naturellement conçu suivant la méthode en faveur en Amérique. En voici le plan : 20 pages de *Principes élémentaires*, une cinquantaine sur les *Conditions générales d'un transport de force*, amènent l'auteur au Chapitre III intitulé : *Transport de force par courants continus*, où nous trouvons des notions sur les dynamos série et compound, sur les moteurs, sur les modes de transmission à intensité constante et à potentiel constant. Le Chapitre IV nous initie aux *Propriétés des courants alternatifs* et nous conduit à leur application au *Transport de l'énergie* (pourquoi tantôt *force*, et ici *énergie*) *par les courants alternatifs* et à leur utilisation par les *Moteurs synchrones et Moteurs d'induction*. Un Chapitre sur les *Transformateurs polymorphiques* nous fait voir que la transmission par courants alternatifs permet la distribution par courants continus. Arrivé en ce point de la question, l'auteur éprouve le besoin de faire une digression de 150 pages sur les *Machines à vapeur*, les *Turbines et roues diverses*, l'*Aménagement d'une chute d'eau* et l'*Organisation d'une station génératrice*. Avec les Chapitres suivants nous revenons à la *Ligne*, la *Construction de la ligne*, les *Centres de distribution*. Quelques considérations économiques intitulées : *Le Problème commercial*, puis la *Mesure de l'énergie électrique* enfin l'*Etat actuel de la question des transports de force à haute tension*, forment les derniers Chapitres.

De cet aperçu du contenu il résulte que, si la question est envisagée sous toutes ses faces, elle est pré-

sentée sans grand souci de la logique. Hâtons-nous de dire que si l'ouvrage se distingue, par la forme, du moule auquel nous sommes habitués, il n'en est pas moins très intéressant et que l'ingénieur européen y trouvera des renseignements instructifs. Il a d'ailleurs le mérite de présenter la question très complètement et d'une manière très élémentaire, sans formules, ce qui le met à la portée de nombreux lecteurs. J. BLONDIN.

La machine dynamo à courant continu (Tome I : *Théorie de la Machine à courant continu*), par E. ARNOLD, professeur-directeur de l'Institut électrotechnique de Karlsruhe. Traduction française par E. BOISTEL et E.-J. BRUNSWICK. Un volume format 25^{cm} × 16^{cm}, 620 pages, 421 figures. Ch. Béranger, éditeur, 15, rue des Saints-Pères, Paris. Prix : relié, 25^{fr}.

Commençons par nous excuser auprès des lecteurs de cette *Revue* pour ne leur avoir pas signalé au moment de sa publication, vers mars de l'an dernier, cette impeccable traduction française d'un des ouvrages les plus remarquables du professeur Arnold. Vu le retard dont nous étions coupable, nous comptons présenter ce volume en même temps que celui qui doit former le Tome II de cette importante étude ; une réclamation impérieuse de notre directeur nous force à nous excuser et à coucher sur le papier l'impression que nous a laissée la lecture, déjà lointaine, de ce volume.

Mais auparavant quelques mots du contenu. En premier lieu, une étude des *Enroulements d'induits* qui n'occupe pas moins de 208 pages dans lesquelles l'auteur a condensé et parfois complété la matière de son excellent ouvrage sur les *Enroulements et la Construction des induits*, dont une traduction française a été publiée il y a quelques années ; ensuite l'étude des *Inducteurs* et de la *Réaction d'induit* occupant une centaine de pages ; puis l'importante question de la *Commutation* (environ 150 pages) ; enfin les *Caractéristiques* et l'examen des diverses pertes qui sont les *Causes de diminution du rendement*.

Comme les ouvrages antérieurs de l'auteur, celui-ci est écrit en vue des théoriciens et des praticiens. Le Tome qui nous occupe est consacré à la théorie ; cependant, en maints endroits, M. Arnold signale, en discutant les résultats du calcul ou des essais, les améliorations qu'il conviendrait, d'après ces résultats, d'apporter dans la construction des machines à courant continu pour la rendre plus économique, soit comme matière première, soit comme main-d'œuvre.

En résumé, excellent ouvrage, aussi bien pour le fond que pour la forme, qui a été particulièrement soignée tant par les traducteurs que par l'éditeur, et sur lequel nous regrettons de ne pouvoir insister plus longuement, la place nous étant parcimonieusement mesurée. P. G.

(') Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Réglementation de la Télégraphie sans fil en Angleterre et aux États-Unis.

Deux documents importants concernant la réglementation de l'exploitation de la Télégraphie sans fil viennent d'être publiés, l'un en Angleterre, l'autre aux États-Unis.

Réglementation anglaise. — Ainsi que nous l'avons annoncé antérieurement dans ces colonnes (t. II, p. 286, 15 nov. 1904), la Chambre des Communes adoptait, en août dernier, un projet de loi autorisant le Post-Office à accorder, à des Sociétés privées et à des particuliers, des licences pour l'exploitation de la Télégraphie sans fil sous certaines conditions réservant tous les droits des divers départements (Marine, Guerre, Télégraphes) qui ont intérêt à utiliser ce mode de transmission des messages.

Les modèles de ces licences ont été publiés au commencement de ce mois et ont été reproduits dans *Electrician* du 17 mars.

Il y a trois de ces modèles suivant que la Télégraphie sans fil est employée dans un but commercial, dans un but expérimental, ou enfin, pour l'usage privé d'une Compagnie ou d'un particulier.

Dans le premier cas, la licence confère le droit d'établir, sous le contrôle du Post-Office, des stations sur les côtes pour correspondre avec les navires et transmettre aux bureaux télégraphiques du Post-Office les messages reçus; de plus, ces bureaux doivent accepter les messages destinés à des navires. Certaines restrictions sont imposées pour empêcher que la Compagnie autorisée ne puisse, dans l'avenir, utiliser ses installations pour l'accaparement de la transmission des correspondances télégraphiques à travers l'Atlantique, ou même simplement à travers le Pas de Calais. En outre, les télégrammes de l'Amirauté ainsi que ceux signalant un sinistre maritime doivent être transmis avant les télégrammes commerciaux, les premiers à demi-taxe, les seconds gratuitement. L'Amirauté se réserve de plus le droit d'exiger une interruption du fonctionnement des stations pendant 1 heure ou 2 heures par jour si ce fonctionnement apporte une gêne aux communications radiotélégraphiques des navires de guerre. Enfin, tous les ingénieurs et employés des Compagnies autorisées devront être de nationalité anglaise, et ces Compagnies devront payer une redevance de 25^{fr} pour chaque station côtière et de 6^{fr},25 pour chaque station établie sur un bateau.

Les conditions imposées aux installations expérimentales ou privées sont sensiblement identiques; toutefois la clause de la nationalité des ingénieurs et employés est omise dans les deux modèles de licences et il n'est pas question de redevance dans le modèle relatif aux installations expérimentales.

Comme le fait remarquer *Electrician*, les conditions des licences sont assez dures pour les exploitants; mais il ne pouvait guère en être autrement pour que le Gouvernement anglais ait un droit effectif de contrôle.

D'ailleurs, ce Gouvernement a fait preuve de grande libéralité en autorisant, à l'encontre de ce qui se passe ailleurs, des Compagnies particulières à exploiter commercialement les communications radiotélégraphiques et en ne leur imposant que des redevances extrêmement minimes.

Réglementation américaine. — La réglementation américaine s'occupe également du service public de la télégraphie sans fil; elle ne fixe pas toutefois les conditions générales qu'il convient d'imposer aux Compagnies exploitantes; elle indique seulement comment doit être combiné le fonctionnement des stations privées déjà existantes et des stations établies ou à établir par l'État, en vue d'assurer aussi bien le service public que celui des divers départements du Gouvernement. Voici les principaux points de cette réglementation :

Le Département de la Marine exercera son contrôle sur toutes les installations de télégraphie sans fil établies sur les côtes des États-Unis, dans les possessions insulaires, et dans la zone du canal de Panama. Le Bureau météorologique doit céder à la Marine ses installations de télégraphie sans fil. Les démarches nécessaires à l'établissement d'un système côtier complet de télégraphie sans fil seront faites immédiatement.

Les stations de la marine, en dehors de leurs obligations spéciales concernant le service de la marine, auront à exercer d'importantes fonctions publiques. Elles doivent recevoir du Bureau météorologique les avertissements de mauvais temps et les transmettre en mer, aux îles voisines ou à d'autres points où ces renseignements peuvent être utiles. D'autre part, ces stations auront à recueillir les renseignements concernant le temps, émanant des bateaux naviguant au large, et à les transmettre au Bureau météorologique.

Les bateaux qui mettent à contribution les stations côtières pour la réception des nouvelles, seront obligés de participer à la transmission des nouvelles météorologiques. Dans ce but, toutes les fois qu'ils se trouveront dans la portée des stations côtières, ils devront faire journellement des observations et les transmettre au Bureau météorologique, au moins une fois par jour en temps ordinaire et plus souvent lors d'une variation considérable dans la pression atmosphérique. Ce service de renseignements sera fait gratuitement.

Il est important que les stations côtières de la marine, dans tous les cas où il n'y a pas à envisager la concurrence de stations privées de télégraphie sans fil, acceptent gratuitement les télégrammes venant des bâtiments en mer et leur en transmettent. Le rapport de la commission fait remarquer sur ce point qu'aux endroits où sont nécessaires des stations de télégraphie sans fil pour la marine de commerce, ces stations, règle générale, sont également nécessaires à la marine de guerre. Mais la proximité de plusieurs stations dans une même région n'étant pas à désirer, tant au point de vue technique qu'au point de vue économique, la nécessité s'impose de charger les stations télégraphiques de la

marine du service privé des nouvelles avec les bâtiments de commerce.

L'administration de l'armée ne doit pas être limitée dans l'établissement des installations de télégraphie sans fil pour le service militaire des signaux; il y aura à éviter seulement le préjudice réciproque que pourraient se causer des stations voisines de la marine et de la guerre. A cette même condition doivent satisfaire, bien entendu, les stations privées de télégraphie sans fil. Celles-ci ne pourront être mises en service qu'après obtention de concessions délivrées par ministère du commerce.

Sociétés savantes et techniques.

ACADÉMIE DES SCIENCES. — Nous donnons, pages 188 et 189, les analyses des Notes relatives à l'Électricité communiquées aux séances des 13, 20 et 27 février et du 6 mars.

Informations diverses.

GÉNÉRATION. — Une compagnie vient de se former pour l'installation et l'exploitation des chutes de l'Ance, dans la Haute-Loire. Cette rivière prend sa source dans le massif de Saint-Pierre-sur-Haute et se jette dans la Loire après un parcours de 65^{km}. D'après les projets, on établirait en amont de Saint-André-de-Chalançon un barrage de 50^m de haut permettant une réserve de 8000000^m³ d'eau pour régulariser le débit d'étiage; la hauteur de chute utilisée serait d'environ 140^m et permettrait d'obtenir 3000 à 4000 chevaux électriques qui seraient transmis à Saint-Étienne, distant de 25^{km} environ de l'usine génératrice; celle-ci serait installée par la Société l'*Éclairage électrique*.

TRACTION. — Récemment la Commission des travaux du Métropolitain a examiné les projets présentés au concours qu'elle avait institué pour la traversée de la Seine en souterrain par la ligne IV, allant de Clignancourt à la porte d'Orléans, en passant par les Halles. On sait que tout d'abord cette traversée était prévue à la hauteur de l'Institut, mais que les protestations des Membres de l'Institut ont forcé à reporter cette traversée à la hauteur du Marché aux fleurs, dans l'île de la Cité. Onze concurrents, présentant 33 projets, ont pris part au concours; celui de M. Chagnaud, qui a exécuté les travaux considérables de la place de l'Opéra, a été adopté. Il prévoit l'établissement d'un souterrain unique pour les deux voies, partant de la place du Châtelet et aboutissant à la place Saint-Michel, en formant un arc de cercle passant sous le Marché aux fleurs. Une station sera établie en ce point, une autre à la place Saint-Michel.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Western Electrician* du 14 janvier rapporte que M. Robert-E. Peary a l'intention, pendant son prochain voyage au pôle Nord, d'utiliser la télégraphie sans fil pour rester en contact avec les pays civilisés. Lorsque l'expédition aura quitté la côte du Labrador, des stations de télégraphie sans fil seront établies pour communiquer avec la station la plus proche sur la terre ferme.

— D'après *Electrical World and Engineer* du 21 janvier, la White Star Line a pourvu ses vapeurs des installations de télégraphie sans fil de la Société Marconi.

— Des expériences sont faites actuellement par la London, Brighton and South Coast Railway Co et la Compagnie française de l'Ouest en vue de l'établissement d'une liaison par télégraphie sans fil entre Dieppe et Newhaven. On veut, dans l'intérêt du service régulier des vapeurs, obtenir une transmission plus rapide des télégrammes; jusqu'à présent, comme il n'y a pas de câbles réunissant directement ces deux points, les télégrammes devant passer par le Havre et Londres mettaient plusieurs heures à parvenir au lieu de destination et arrivaient même fréquemment après le départ du bateau auquel ils étaient destinés. C'est le système Rochefort qui est employé dans ces expériences. Les résultats obtenus jusqu'à présent sont, paraît-il, satisfaisants.

— Suivant l'*Electrical Engineer* du 24 février, on doit mettre en service très prochainement la station de télégraphie sans fil établie par le Lloyd au débouché du canal de Suez dans la mer Rouge. La station servira aux communications avec les bateaux naviguant dans la mer Rouge ou traversant le canal.

— Les transatlantiques munis d'appareils Marconi reçoivent des nouvelles de la station de Poldhu pendant les 3 ou 4 jours qui suivent leur départ de Liverpool; pendant les 3 ou 4 autres jours de la traversée, les nouvelles sont télégraphiées par câble en Amérique et de là transmises par la télégraphie sans fil aux bateaux qui s'approchent de la côte américaine.

— A Pise se trouve en préparation une station qui doit être destinée à des jonctions par télégraphie sans fil entre l'Italie d'une part, et d'autre part la Grande-Bretagne, la Hollande, l'Amérique du Nord et l'Océan Indien.

— Il est question aux États-Unis d'établir des communications par télégraphie sans fil entre l'Amérique et l'Asie, à travers le détroit de Behring. La distance à franchir par télégraphie sans fil ne serait que de 107 miles (environ 170^{km}), mais il faudrait en outre établir des lignes de télégraphie ordinaire d'une longueur de 3600 miles (soit 4500^{km}) pour relier les postes de télégraphie sans fil d'une part au réseau de l'Alaska à Nome, d'autre part à la ligne transsibérienne à Nikolaïevsk.

ÉCLAIRAGE. — D'après l'*Elettricità*, la Deutche Patent Industrie vient de mettre sur le marché une nouvelle lampe à vapeurs de mercure. Elle comprend deux électrodes en charbon disposées suivant l'axe d'un tube renfermant du mercure et où l'on a fait le vide; le charbon inférieur, négatif, est immergé dans le mercure; le charbon positif peut se mouvoir sous l'action d'un solénoïde. L'arc produit a une longueur de 30^{mm} à 50^{mm} selon les dimensions de l'appareil; sa lumière contient des rayons rouges en notable quantité; l'allumage est commode et rapide par suite du déplacement de l'électrode positive; la consommation est de 0,5 watt par bougie; l'usure des charbons est de 0^{mm}, 2 par heure.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

- I. **Sur la stabilité des machines dynamo-électriques génératrices employées pour les distributions à tension constante**, par F. GUÉRY, p. 193. — **Permutatrices et commutatrices**, par R. ROUGÉ, p. 196.
- II. **Génération et transformation** : Sur la détermination de la self-induction des alternateurs, par A. BLONDEL ; L'accumulateur F. I. T. ; Brevets récents, p. 200 à 202. — **Transmission et distribution** : Régulation des transmissions à haute tension et à longue distance, par F.-G. RAUM ; Éléments pour le calcul des isolements à haute tension, par H.-J. RYAN ; Du rôle des arcs dans la production des oscillations dans les réseaux, par A. BLONDEL ; Détermination expérimentale des régimes libres oscillatoires dans les réseaux, par A. BLONDEL ; p. 203 à 209. — **Télégraphie et Téléphonie** : La charge des lignes téléphoniques dans la pratique, par H.-V. HAYES ; La capacité des longs câbles sous-marins, par DEVAUX-CHARBONNEL ; Expériences de résonance avec les transformateurs Tesla, par le Dr HUGO MOSLER ; Transmission des sons au moyen des ondes électriques ; Dispositifs Stone pour la télégraphie sans fil ; Distribution et contrôle d'actions produites à distance par les ondes électriques, par E. BRANLEY ; p. 210 à 213. — **Éclairage**, Essais comparatifs sur les lampes à incandescence de 110 et 220 volts, par LAURIOL et P. JANET ; Brevets récents ; p. 214. — **Mesures** : Installation d'un laboratoire pour les essais commerciaux, par C.-H. SHARP ; Mesures des self-inductions et capacités de faible valeur ; étalon de self-induction, par J.-A. FLEMING ; Sur l'expression de la sensibilité des galvanomètres ; etc. ; Brevets récents ; p. 215 à 217. — **Divers** : Influence des champs électrique et magnétique sur la viscosité des liquides, par G. GOISOT ; Sur la relation entre la distance explosive et la tension, par W. VEGE ; etc. ; p. 218 à 221.
- III. **Bibliographie**, p. 222.
- IV. **Variétés. Informations** : Le bassin houiller de Meurthe-et-Moselle ; Sociétés savantes et techniques ; Conférences, congrès ; Informations diverses, p. 223 et 224.

SUR LA STABILITÉ DES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES GÉNÉRATRICES

EMPLOYÉES POUR LES DISTRIBUTIONS A TENSION CONSTANTE.

Dans un article paru dans *La Revue électrique* (t. II, p. 290 et 325), M. Boucherot a donné d'intéressantes considérations sur la *variation cinétique de tension* dans les machines dynamo-électriques génératrices. Je désire montrer que, dans le cas de génératrices à auto-excitation en dérivation pour distribution à tension constante, le rapport Δ défini par M. Boucherot sous le nom de *variation cinétique de tension* a une signification plus générale et qu'il caractérise d'une manière complète la stabilité de ces machines. Je rappelle d'abord la définition de la variation cinétique de tension : c'est le rapport de la variation relative de tension à la variation relative de vitesse.

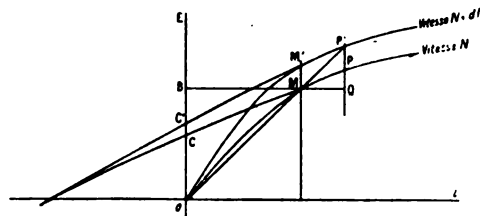
M. Boucherot a montré que ce rapport pouvait se déduire très simplement de l'examen des caractéristiques. Pour donner plus d'homogénéité à ce qui va suivre, je reprends en la mettant sous une forme géométrique la démonstration qu'il a donnée pour la dynamo shunt à courant continu à vide.

Considérons les caractéristiques pour les vitesses N et $N + dN$ (fig. 1).

La Revue électrique, n° 31.

Le point de fonctionnement pour la vitesse N étant en M' passe en P' sur le prolongement de OM pour la vitesse $N + dN$.

Fig. 1.



La variation relative de tension est $\frac{P'Q}{OB}$. La variation relative de vitesse est $\frac{MM'}{OB} = \frac{PP'}{OB}$, à un infiniment petit du second ordre près. On a donc

$$\Delta = \frac{\frac{PQ}{OB}}{\frac{PP'}{OB}} = \frac{P'Q}{PP'} = \frac{OB}{OC}.$$

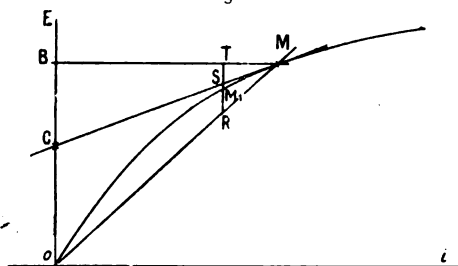
A la limite C est le point de rencontre avec OB de la tangente en M à la caractéristique.

On peut donner de Δ une définition un peu différente. Dans une machine à excitation séparée, la variation relative de tension est égale à la variation relative de vitesse qui en est la cause. Il en résulte que Δ représente le rapport des variations de tension, dues aux variations de vitesse, de la machine à auto-excitation en dérivation et de la même machine à excitation séparée constante (rigoureusement pour des variations infiniment petites).

Cette définition peut être étendue aux variations de tension dues à une cause quelconque autre qu'une variation de vitesse.

Soit M le point de fonctionnement (fig. 2). La

Fig. 2.



machine étant à vide, supposons qu'il se produise une variation de tension infiniment petite, sans variation de vitesse, et admettons provisoirement que la cause de cette variation de tension n'influence pas la force électromotrice de la machine à excitation séparée constante.

Soient ε et ε' les variations de tension, respectivement pour la machine excitée séparément et pour la machine auto-excitatrice.

Pour cette dernière, le nouveau point de fonctionnement est en M_1 tel que $RM_1 = \varepsilon$, et l'on a

$$RT = \varepsilon'.$$

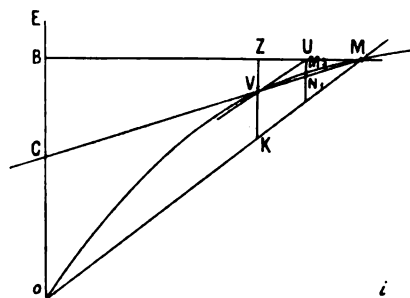
En remarquant que RM_1 ne diffère de RS que d'un infiniment petit du second ordre, on voit que l'on a

$$\frac{\varepsilon'}{\varepsilon} = \frac{OB}{OC} = \Delta.$$

Supposons maintenant que la chute de tension soit due à des ampères-tours opposés à ceux de l'inducteur. Le point de fonctionnement primitif étant M (fig. 3), le nouveau point de fonctionnement de la machine à excitation séparée s'obtient en M_1 en traçant l'ordonnée M_1U telle que MU représente la réduction du courant d'ex-

citation équivalente aux ampères-tours opposés. La chute de tension ε de la machine excitée séparément est représentée par M_1U .

Fig. 3.



On voit facilement que la chute de tension ε' de la machine auto-excitatrice s'obtient en VZ en menant par U une parallèle à OM qui rencontre la caractéristique en V.

En remarquant que M_1U ne diffère de N_1U que d'un infiniment petit du second ordre, on a

$$\frac{\varepsilon'}{\varepsilon} = \frac{VZ}{N_1U} = \frac{MZ}{MU} = \frac{KZ}{KV} = \frac{OC}{OB} = \Delta.$$

On peut donc dire que, quelle que soit la cause de la variation de tension, $\Delta = \frac{OB}{OC}$ représente le rapport des variations de tension de la machine auto-excitatrice et de la machine à excitation séparée, par rapport à la tension à vide. Cela n'est, il est vrai, rigoureusement exact que pour des variations de tension infiniment petites. Mais l'examen même des figures montre que le rapport en question ne s'écarte pas sensiblement de Δ pour les valeurs assez faibles de la chute de tension que l'on tolère pratiquement dans la plupart des cas. Si donc on appelle ε_1 , ε'_1 les chutes de tension dues à des causes électriques, chutes de tension que l'on pourrait appeler *organiques*, et, d'autre part, ε_2 , ε'_2 les chutes de tension *cinétiques*, respectivement pour la machine excitée séparément et pour la machine auto-excitatrice, on a

$$\Delta = \frac{\varepsilon'_1}{\varepsilon_1} = \frac{\varepsilon'_2}{\varepsilon_2} = \frac{\varepsilon'_1 + \varepsilon'_2}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}.$$

Une conséquence importante de ce qui précède est que la connaissance de Δ , qui se déduit très simplement de la caractéristique, permet d'étudier la machine auto-excitatrice en dérivation comme machine à excitation séparée con-

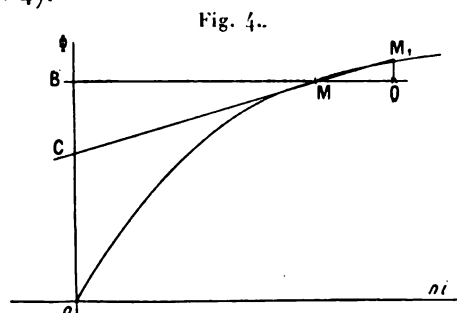
stante. Ayant déterminé dans ces conditions la chute de tension relative totale qui est la somme des chutes de tension relatives partielles dues à différentes causes (variations de vitesse, résistance intérieure, réaction d'induit, calage des balais, etc.), il suffit de la multiplier par Δ pour obtenir la chute de tension relative totale de la machine shunt.

Le rapport Δ caractérise donc d'une manière complète la stabilité de la machine shunt. Plus Δ est faible, plus la machine est stable. Nous allons maintenant chercher à justifier l'intérêt particulier de la valeur $\Delta = 2$, que M. Boucherot indique comme la plus favorable.

On remarquera tout d'abord que la stabilité est liée étroitement à la saturation et qu'il peut, par suite, être utile de définir celle-ci d'une manière précise. On peut proposer la définition suivante : Étant donnée une machine excitée d'une manière quelconque, la *saturation* Σ en un point M de la caractéristique est le rapport entre les accroissements relatifs de la force magnétomotrice et du flux en ce point.

La valeur de ce rapport se déduit très simplement de la connaissance de la caractéristique.

Supposons représentée la caractéristique du flux en fonction de la force magnétomotrice (fig. 4).



La force magnétomotrice ayant reçu un accroissement MQ le flux s'est accru de QM₁, et l'on a

$$\Sigma = \frac{\frac{MQ}{MB}}{\frac{QM_1}{OB}} = \frac{\frac{QM_1}{CB}}{\frac{QM_1}{OB}} = \frac{OB}{CB}.$$

A la limite, MC est la tangente à la caractéristique. On voit immédiatement que Σ est lié à Δ par la relation très simple

$$\Delta = \frac{\Sigma}{\Sigma - 1}.$$

La considération du rapport Σ permet de trouver très simplement la valeur de la variation cinétique de l'alternateur avec excitatrice en bout d'arbre.

Soient Δ_1 et Σ_1 la variation cinétique de tension et la saturation de l'excitatrice, Σ_2 la saturation de l'alternateur, δ sa variation cinétique de tension.

Une variation relative de vitesse $\frac{dN}{N}$ produit dans l'excitatrice une variation relative de tension $\frac{dN}{N} \Delta_1$. Le courant d'excitation de l'alternateur est affecté de la même variation. A vitesse constante de l'alternateur, sa variation relative de tension serait, par suite, $\frac{dN}{N} \frac{\Delta_1}{\Sigma_2}$. A cette variation il faut ajouter celle qui est due à la variation de vitesse et qui est égale à $\frac{dN}{N}$. On a donc

$$\frac{dN}{N} \delta = \frac{dN}{N} + \frac{dN}{N} \frac{\Delta_1}{\Sigma_2},$$

d'où

$$\delta = 1 + \frac{\Delta_1}{\Sigma_2}.$$

On peut également définir la *stabilité* σ d'une génératrice par le rapport entre l'accroissement relatif de l'excitation nécessaire pour compenser la chute de tension et la chute de tension relative. Dans la machine à excitation indépendante la chute de tension relative est égale à l'accroissement relatif du flux nécessaire pour la compenser. Donc, dans ce cas, on a

$$\sigma = \Sigma.$$

Dans la machine excitée en dérivation, il est facile de voir que, quelle que soit la cause de la variation de tension, cinétique ou organique, le nombre d'ampères-tours nécessaire pour compenser une chute de tension $\epsilon' = \epsilon \Delta$ est égal à celui qu'il faut pour compenser une chute de tension ϵ dans la même machine excitée séparément. On a donc dans ce cas

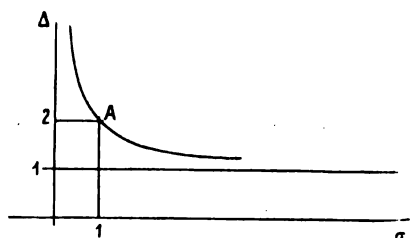
$$\sigma = \frac{\Sigma}{\Delta} = \Sigma - 1 = \frac{OC}{CB} = \frac{1}{\Delta - 1}.$$

Cela étant établi, on peut chercher comment la dépense d'énergie nécessaire pour compenser une chute de tension donnée est liée à cette chute de tension. Or, dans une machine excitée en dérivation que l'on maintient à tension constante, la dé-

pense d'énergie dans l'inducteur est proportionnelle à l'intensité du courant d'excitation. On peut donc dire que σ représente le rapport de l'accroissement relatif de dépense d'énergie dans l'excitation à la chute de tension relative que l'on compense.

Or, si nous nous reportons à l'expression de σ

Fig. 5.



en fonction de Δ , nous voyons que, si l'on porte σ en abscisses et Δ en ordonnées, cette fonction est représentée par une hyperbole (fig. 5).

Pour les points de cette hyperbole placés au-dessus du point A correspondant à $\sigma = 1$, $\Delta = 2$, σ diminue lentement, Δ augmente rapidement, la machine devient instable; pour les points situés au-dessous de A, Δ varie lentement, σ rapidement; la dépense d'énergie dans l'excitation pour compenser les chutes de tension s'accroît rapidement. On comprend donc l'intérêt de la valeur particulière $\Delta = 2$ et l'on voit pourquoi il est utile de se tenir aux environs de cette valeur, mais de préférence au-dessous, la stabilité primant toute autre considération. D'où la condition

$$\Delta \geq 2,$$

pour les machines à auto-excitation en dérivation employées sur distribution à tension constante.

Ce qui précède donne une idée du parti que l'on peut tirer de la considération de la tangente à la caractéristique pour l'étude du fonctionnement des génératrices. F. GUÉRY.

PERMUTATRICES ET COMMUTATRICES (SUITE) (1).

III. — Résultats d'essais et conclusions.

Il nous reste à donner les résultats obtenus avec ces machines, soit en essai, soit en service.

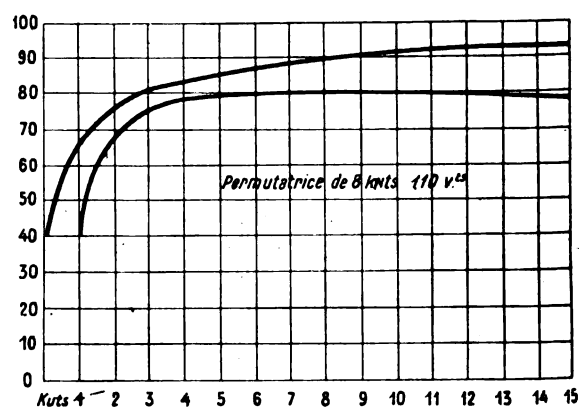
Nous donnons (fig. 19, 20, 21) les résultats d'essais de machines de différentes puissances. Ils donnent, sous forme graphique, les rendements et facteurs de puissance en fonction de la charge utile.

Ces résultats ont été obtenus par la *méthode directe* avec des répétitions nombreuses afin d'éliminer les erreurs accidentelles et avoir une précision suffisante.

La méthode *indirecte* dite *des pertes séparées* que l'on emploie de plus en plus donnerait avec moins de peine des résultats plus précis, ou tout au moins plus cohérents. Il nous semble cependant qu'elle ne saurait être appliquée sans discussion à des appareils nouveaux. Elle suppose, en effet, une connaissance absolument sûre et sans

lacunes du fonctionnement de l'appareil étudié. Elle peut, par conséquent, conduire à des erreurs

Fig. 19.



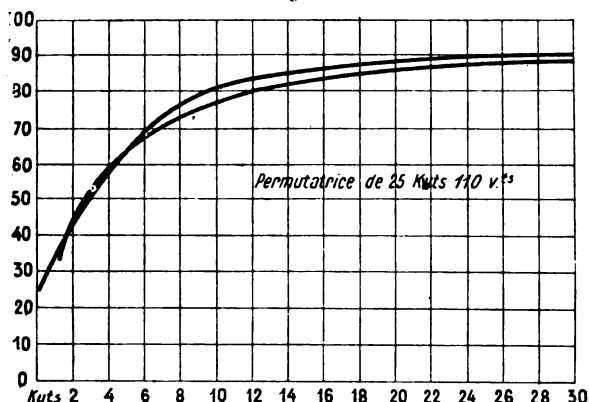
systématiques graves, qui, d'ailleurs, seront toujours dans un sens favorable.

(1) Voir *La Revue électrique* du 30 janvier, p. 33, et du 28 février, p. 97.

La méthode directe ne prête pas à pareille critique. D'apparence très simple, elle est cependant d'une pratique délicate et donne, à moins de précautions spéciales, des résultats quelquefois déconcertants.

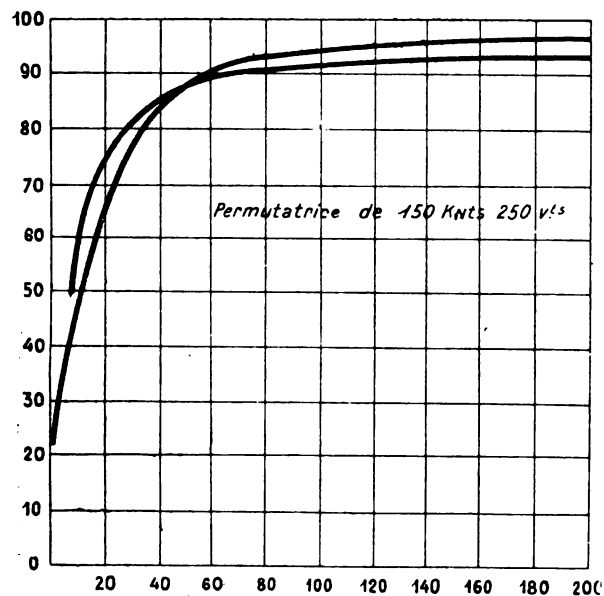
Les causes d'erreur sont multiples. Les lectures seules de watts, volts et ampères dans les

Fig. 20.



conditions d'échelle les plus favorables donnent facilement lieu à une erreur de 0,5 pour 100 chacune; de ce chef, l'erreur accidentelle peut

Fig. 21.



atteindre 1,5 pour 100, tant sur le rendement que sur le facteur de puissance, 2 pour 100 sur le rendement apparent.

Cette erreur peut déjà être une fraction notable de la perte pour une machine de haut rendement.

Elle est, en définitive, facile à éliminer par répétition et la moyenne de quatre à cinq lectures prises à des charges voisines suffit pour obtenir une précision très satisfaisante.

La cause d'erreur la plus grave tient à l'instabilité inévitable du régime de marche.

Le procédé le plus pratique pour absorber la puissance continue est l'emploi d'un rhéostat de lampes qui permet un réglage précis et stable.

Cependant, la puissance étant proportionnelle au carré de la tension, ses variations relatives seront doubles de cette dernière, et celle-ci dépend essentiellement de la tension du courant primaire.

Sur un secteur, les variations lentes et périodiques dues aux régulateurs des machines, jointes à celles dues aux variations de charge, atteignent facilement 4 à 5 pour 100 de la tension moyenne.

Dans une installation d'atelier, l'alternateur dépend du réseau à la fois par la vitesse du moteur et par l'excitation. Les variations sont encore plus fortes et peuvent aller jusqu'à 10 pour 100 avec une allure périodique irrégulière.

Il devient alors nécessaire d'opérer par lectures absolument simultanées au moment des maxima et minima de puissance.

Avec les wattmètres à lecture directe qui suivent les variations presque aussi vite que les appareils continus apériodiques, la mesure de rendement est, en définitive, assez facile.

Il n'en est pas de même avec les wattmètres ordinaires dont la mise en équilibre demande une manipulation délicate et est troublée par toutes sortes d'influences extérieures.

La mesure du facteur de puissance est encore plus aléatoire; les appareils thermiques, par suite de la capacité calorifique du fil chaud, n'enregistrent les variations qu'amorties et *fortement décalées*.

Bien qu'en réalité les maxima et minima de la puissance et de la puissance apparente soient simultanés, il n'en est nullement de même pour les indications des appareils. Les thermiques seront en période de variation au moment où le wattmètre sera en élongation.

La mesure précise du facteur de puissance n'a d'ailleurs pas une importance capitale. Ce coefficient n'influe en définitive que sur les pertes ohmiques en ligne, par conséquent, assez peu sur le rendement total de la transmission.

Il est au contraire beaucoup plus important de connaître le décalage, ou mieux le courant déwatté dont l'influence sur le réseau et les alternateurs est considérable.

Sa détermination par le facteur de puissance assimilé à $\cos \varphi$ serait absolument fantaisiste sitôt que le facteur de puissance est élevé.

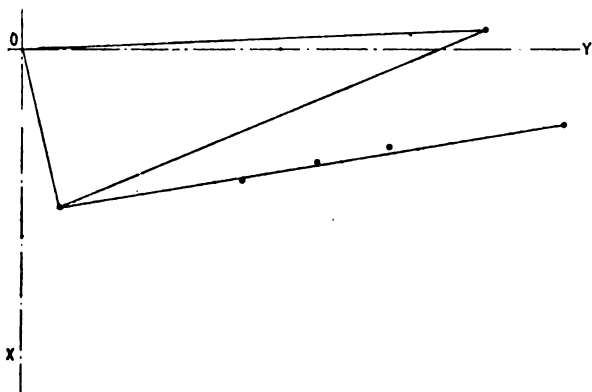
Le wattmètre permet très facilement une mesure directe assez précise de cette quantité. Elle permet d'établir avec assez de régularité le lieu de l'extrémité du vecteur représentant la puissance et le décalage du courant primaire.

Il est intéressant de comparer les résultats ainsi obtenus au diagramme théorique de la figure 3.

Cet essai a été fait d'une manière complète sur une machine d'essai et pour des calages variés de balais (*fig. 22*).

Les courbes ainsi trouvées sont à peu près

Fig. 22.



rigoureusement des droites, ce qui indique l'absence totale de fuites de flux. Ces dernières se traduiraient nécessairement par un infléchissement dans la direction ox , comme c'est le cas pour les moteurs asynchrones.

On voit également qu'il est possible d'obtenir en charge des décalages nuls ou négatifs.

Un calage convenable des balais entraîne la diminution du courant déwatté quand la charge augmente, effet qui équivaut à l'emploi d'une excitation compound avec les commutatrices.

Ces résultats confirment suffisamment les propriétés théoriques des enroulements vectoriels pour que l'on puisse considérer les pertes dans le fer comme indépendantes de la charge. La méthode des pertes séparées peut alors rendre des

services, à la condition d'être appliquée avec discernement.

Le point délicat est l'évaluation des pertes sous balais au collecteur et aux bagues. Les mesures faites par différents auteurs donnent des valeurs allant de 1,5 à 2,5 volts comme valeur de la chute ohmique seule, mesurée en dehors de tout phénomène de circulation due à la commutation.

Ces procédés de mesures, d'ailleurs inapplicables avec une machine à balais tournants, ne sont justifiés que lorsque la fréquence de commutation, la vitesse périphérique et la densité de courant sont faibles, comme c'est généralement le cas pour de grosses unités directement couplées.

Pour les permutatrices, il nous a paru plus simple de recourir à la comparaison des résultats théoriques où cette perte serait omise, avec les résultats de la méthode directe relevés en assez grand nombre pour être précis.

Nous avons ainsi trouvé que la chute totale était d'environ 3 volts dans les environs de la pleine charge. Elle s'établit presque entière pour de faibles charges, et ne recommence à croître rapidement que quand les balais rougissent sous l'influence d'une charge exagérée.

Ces résultats sont d'accord dans leurs grandes lignes avec ce qu'on sait de la variation de résistance au contact avec la densité de courant.

Les pertes à vide peuvent être également déterminées dans l'avant-projet grâce à quelques mesures préalables sur des machines existantes.

Nous avons trouvé que la pression convenable sur les balais correspondait à une résistance au glissement de 60^e environ par centimètre carré.

Pour les pertes dans les tôles nous avons trouvé qu'entre 25 et 70 elles étaient pratiquement proportionnelles au carré de la fréquence.

Il est facile de déterminer expérimentalement la courbe des pertes pour une période et une tôle données en fonction de l'induction fictive dans l'entrefer.

On pourra étendre les résultats ainsi trouvés à toute tôle semblable, qui présenterait les mêmes rapports que la tôle expérimentée entre les sections des différentes parties du chemin flux et entre leurs longueurs.

On détermine de même le courant déwatté.

APPLICATIONS. — L'application jusqu'ici la plus importante des appareils convertisseurs est la traction polyphasée continue.

Les permutatrices ont des qualités spéciales en dehors de leur prix d'établissement, qui permettraient d'augmenter beaucoup le nombre de cas où l'électrification est économiquement rationnelle.

La nécessité d'une surveillance régulièrement organisée conduit à grouper les convertisseurs par sous-stations d'une importance assez considérable. Il n'y a guère d'exemples de sous-stations de moins de 500 kilowatts; la plupart oscillent autour de 1000 kilowatts et souvent beaucoup plus.

D'autre part, le réseau continu à 600 volts pour être économique, sans perte exagérée de puissance, sans feeders et sans survolteurs, ne doit guère s'étendre à plus de 2^{km} autour de la sous-station.

C'est dans ce rayon qu'il faudra trouver à utiliser, avec un facteur de charge convenable, les 500 kilowatts de la sous-station. Cette condition, assez facile dans un réseau urbain, sera bien plus rarement remplie pour une ligne interurbaine dont le trafic ne serait pas très intense.

Il y a donc un intérêt réel pour le développement de la traction électrique, à trouver un type de sous-station de faible puissance dont la surveillance et la conduite puissent être extrêmement simplifiées.

Le courant alternatif résout admirablement le problème à ce point de vue. La manœuvre de la sous-station se réduit à fermer les interrupteurs pour la mise en route; à relever le disjoncteur lorsqu'il tombe, et à prévenir les intéressés lorsqu'il met trop d'insistance à fonctionner.

Les permutatrices permettent en définitive une conduite tout aussi simple. La mise en route se réduit également à la fermeture de l'interrupteur primaire.

Une unité de 150 kilowatts atteint le synchronisme en 3 secondes, temps pratiquement négligeable et qui peut être encore abaissé.

Si un accident quelconque, rupture de circuit d'excitation, grippement ou autre cause mécanique, vient à provoquer le décrochage ou même l'arrêt complet des parties mobiles, il n'en résulte *aucune perturbation* sur le réseau primaire. Elle est toute reportée sur le secondaire où le disjoncteur protège suffisamment contre tout retour de courant.

Enfin l'encombrement est très faible; un poste de 100 kilowatts avec les transformateurs abais-

seurs, peut être facilement installé dans 1^m de superficie avec une hauteur de 3^m à 4^m.

Dans ces conditions les permutatrices permettraient facilement de remplacer les sous-stations de 500 kilowatts quand cela serait avantageux par de simples postes de transformation de 100 kilowatts et même moins si nécessaire.

On peut donc ainsi obtenir dans beaucoup de cas tous les avantages que l'on espère de la traction monophasée, sans les aléas d'une transformation radicale de l'équipement des voitures et des conditions d'isolement de la ligne aérienne de contact.

Les appareils de levage et de manœuvre (grues, ascenseurs, transbordeurs, etc.) sont un ordre d'applications plus modestes, mais dont les conditions sont souvent voisines de celles requises en traction. Les permutatrices ont donné déjà lieu à quelques applications intéressantes dans des conditions souvent très défavorables qui ont bien mis en lumière leurs qualités spéciales.

Dans toutes ces applications, où l'on demande aux moteurs un très grand couple aux vitesses faibles et au démarrage, les moteurs à courants alternatifs sont souvent d'une application difficile.

Leur appel de courant au démarrage est en moyenne partie déviée et tend, par conséquent, à provoquer une chute de tension considérable. D'autre part, à moins d'admettre un facteur de puissance très mauvais en charge normale, le dévié au démarrage croît quand la tension baisse et toujours le couple disponible *décroît comme le carré de la tension*.

Dans ces conditions il est particulièrement commode d'employer une permutatrice à la transformation du courant et des moteurs continus que l'on sait très bien construire pour ces usages.

La facilité de la mise en route en fait une complication absolument négligeable de la manœuvre, et permet de ne faire fonctionner la permutatrice que le temps strictement nécessaire.

Dans la pratique, le rendement global ne paraît guère inférieur au rendement d'une installation à moteurs directs.

Le gros intérêt de ces installations, même dans les cas où une exécution rudimentaire a donné quelques ennuis, réside dans leur sécurité absolue, côté alternatif. Cela tient à ce que la puissance apparente absorbée, surtout en surcharge, diffère très peu de celle demandée par le moteur

continu; également à l'innocuité des décrochages et des arrêts accidentels.

CONCLUSIONS. — Nous pensons avoir montré que les permutatrices peuvent être construites dans des conditions de prix d'établissement avantageuses par rapport à la commutatrice et qui le seraient encore davantage pour de grosses unités à deux circuits transformant directement la haute tension polyphasée en continu.

Nous avons montré également que le principe de ces machines n'est nullement incompatible avec une construction mécanique solide et rationnelle.

Les essais dont nous avons donné les résultats montrent que leurs caractéristiques ne sont nullement inférieures à celles des autres convertisseurs fonctionnant dans des conditions semblables.

Ces raisons, jointes au résultat donné par les installations de début réalisées jusqu'ici, permettent d'espérer que la permutatrice donnera la solution de la sous-station économique même pour les faibles puissances, et viendra ainsi compléter utilement la station génératrice économique que l'on obtient avec la turbine à vapeur.

R. ROUGÉ.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS (1).

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

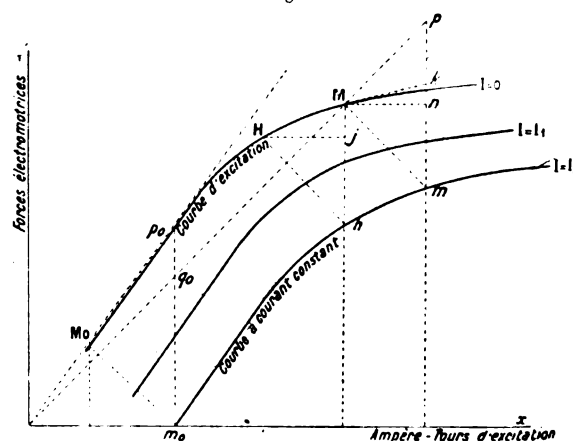
Sur la détermination de la self-induction des alternateurs, par A. BLONDEL (Communication faite à la séance du 5 avril de la Société internationale des Électriciens). — Dans une Communication récente, M. Brylinski a signalé que les valeurs de la self-induction déduites de la courbe de court-circuit suivant la méthode de Behn-Eschenburg semblent donner des résultats en désaccord avec ceux de l'expérience et qu'on se rapproche beaucoup plus de ceux-ci en diminuant ces valeurs de moitié. La nécessité de cette correction montre le peu de cas qu'il faut faire de la courbe en court-circuit. Dans un alternateur qui n'aurait pas de fuites magnétiques, on pourrait, il est vrai, en corriger le résultat en tenant compte de la saturation du circuit magnétique en marche normale. En court-circuit, sous faible excitation, la perméabilité est mesurée par le coefficient angulaire de la partie montante de la courbe d'excitation (fig. 1); en marche normale elle est mesurée par le coefficient angulaire de la droite OM reliant à l'origine le point M de la courbe d'excitation correspondant au voltage normal aux bornes. Si la self-induction déduite du courant de court-circuit à l'origine (par exemple sous une excitation Om_0 donnant le courant $I = I_2$) est $\frac{m_0 p_0}{\omega I_2}$, elle devient par la correc-

tion $\frac{m_0 q_0}{\omega I_2}$. Mais cette correction n'est pas applicable aux alternateurs usuels qui présentent des fuites magnétiques notables, parce que celles-ci sont indépendantes du circuit magnétique principal et ne suivent pas la même loi.

M. Blondel fait remarquer que l'on peut déduire la self-induction en traçant les courbes d'excitation à vide ($I = 0$)

et les courbes d'excitation en charge ($I = I_1$ ou $I = I_2$, lesquelles courbes sont parallèles à la première d'après un théorème aujourd'hui classique de M. Potier), et en prenant la limite pour $I_2 = 0$ du quotient de Mh par ωI_2 . Or Mh est formée par la chute jh due aux fuites et par la chute Mj due à la diminution du flux inducteur sous l'effet des contre-

Fig. 1.



ampères-tours de l'induit; d'autre part, quand I tend vers zéro, HM tend vers la tangente Mk en M ; par conséquent, la limite du quotient est le quotient de km par ωI_2 . Par conséquent, suivant la méthode employée, considération

(1) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (1^{re}). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes: BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

simple de la courbe de court-circuit, ou considération de cette courbe et correction de la saturation, ou enfin considération des deux effets réducteurs de la tension (fuites et réaction), on arrive pour la self-induction à des valeurs respectivement proportionnelles à $m_0\rho_0$, m_0q_0 , mk , segments d'autant plus différents entre eux que la saturation est plus importante. — Il convient donc de déterminer autrement la self-induction des alternateurs.

M. Blondel conseille l'essai en courant dévatté sous excitation normale qu'il préconisait déjà il y a quelques années (*Industrie électrique*, t. VIII, p. 481, 529, 555, année 1899) et qui consiste à donner à l'excitation la valeur réalisant la saturation normale et à mesurer les pertes de tension aux bornes pour un débit variable sur circuit purement inductif (ou à peu près). Si Δu est la perte de tension produite par un courant I , la self-induction vraie au point M de la courbe est la limite du quotient Δu par I quand I tend vers zéro. Un moyen commode de déterminer ce quotient consiste à employer deux alternateurs semblables fonctionnant : l'un en générateur, l'autre en récepteur tournant à vide, et à régler leurs excitations respectivement au-dessus et au-dessous de la valeur normale de manière que la tension aux bornes soit égale à la tension normale qu'on veut considérer. Il suffit de mesurer les forces électromotrices à circuit ouvert e_1 et e_2 correspondant à ces deux excitations pour avoir $\Delta u = e_1 - e_2$, et de mesurer le courant I (supposé faible) échangé entre les machines.

Malheureusement, quel que soit le soin apporté à la détermination de la self-induction, la valeur trouvée ne pourra servir lorsque l'alternateur se trouvera traversé par les oscillations de fréquence élevée pour l'étude desquelles on a précisément cherché cette valeur. C'est ce que montre M. Blondel par diverses considérations parmi lesquelles nous ne retiendrons que les suivantes. — En premier lieu, s'il s'agit d'oscillations libres produites par une même cause sur les trois conducteurs, on peut admettre qu'elles donneront lieu à trois courants triphasés symétriques lesquels produiront dans l'alternateur un champ tournant de vitesse correspondante à leur fréquence; celle-ci étant bien plus grande que celle du flux principal de l'alternateur, ce champ tournant sera en grande partie étouffé par les masses métalliques environnantes (si elles ne sont pas feuilletées); mais il n'en sera pas de même des flux de fuites locaux qui se ferment autour des paquets de fils et qui subsistent en modifiant la self-induction. D'autre part, si, au lieu d'oscillations libres, on considère les oscillations forcées produites par les harmoniques de la force électromotrice, on constate aisément que les harmoniques d'ordre $3n$ donnent lieu à un flux tournant nul, tandis que les harmoniques d'ordres $3n-1$ et $3n+1$ donnent un flux tournant différent de zéro. La self-induction apparente se réduit donc à celle des fuites pour les premiers; elle est plus grande pour les seconds si la vitesse de rotation du champ tournant correspondant n'est pas assez considérable pour que le champ soit étouffé.

L'accumulateur E. I. t. — Depuis quelque temps on parle beaucoup d'un nouvel accumulateur, à capacité spécifique très élevée, et baptisé *E. I. t.*, d'après les trois symboles de la force électromotrice, de l'intensité et du temps, facteurs dont le produit représente l'énergie.

Voici les quelques renseignements que nous avons pu obtenir du constructeur, M. Jeantaud. Les plaques de cet élément sont constituées à l'aide de grilles très simples et sans particularité si ce n'est que les nervures conductrices sont noyées dans la matière active. Ce qui caractérise la plaque c'est la constitution de la matière active; cette matière est obtenue en malaxant l'oxyde de plomb avec un agglomérant spécial. Quant à l'oxyde de plomb employé, ce serait, dit le constructeur, l'oxyde d'un plomb nouveau, état

allotropique du plomb ordinaire, et qui aurait été isolé et caractérisé par M. G. Rosset. Cet oxyde aurait des propriétés spéciales : sa densité ne serait que de 2 environ (il s'agit évidemment de la densité apparente) tandis que la densité de l'oxyde ordinaire est supérieure à 4.

En outre, fait surprenant et qu'il reste à démontrer, la chaleur de combinaison de ce nouveau plomb serait plus grande que celle du plomb ordinaire, ce qui se traduirait par une augmentation de 5 pour 100 de la tension sur celle des accumulateurs ordinaires.

Nous avons réuni dans le Tableau suivant les principales caractéristiques d'un élément de traction, d'après les données du constructeur et d'après un essai effectué au Laboratoire Central d'Électricité.

Nombre de plaques	positives.....	9
	negatives.....	10
	total.....	19
Dimensions extérieures du bac, en millimètres	longueur.....	160
	largeur.....	113
	hauteur.....	265
Hauteur totale d'encombrement, en mm.	largeur.....	98
	hauteur (connexions non comprises)...	185
Dimensions des plaques en millimètres	épaisseur.....	4 à 5
	Poids de l'élément (bac et liquide compris), en kilogrammes.....	11,7
Capacité en ampères-heures au régime de 36 ampères et jusqu'à 1,70 volt aux bornes	indiquée au Catalogue.....	236
	obtenue au Laboratoire central d'Électricité....	237
	Énergie en watts-heures, obtenue au Laboratoire central d'Électricité.....	471
Différence de potentiel moyenne, en volts = $\frac{471}{237}$	au commencement de la décharge.....	1,32 (35° B.)
	à la fin de la décharge.....	1,16 (20° »)

On déduit de ce Tableau que l'accumulateur essayé possède une capacité massique de 20,3 ampères-heures par kilogramme d'élément et une énergie massique de 40,2 watts-heures par kilogramme d'élément pour une décharge en 6 heures 34 minutes, valeurs très élevées qui s'expliquent très bien par la grande porosité de l'oxyde employé. De même, la tension moyenne à la décharge, 1,99 volt environ, également élevée, peut s'expliquer par cette porosité et par l'emploi d'une concentration d'acide (35° Baumé) supérieure à celle ordinairement utilisée.

Sur la durée des plaques, nous n'avons aucun renseignement précis. D'après le constructeur cependant, la grande capacité ne provenant ni d'un allègement de la grille support, ni d'un excès nuisible de porosité, n'est pas *a priori* une cause de durée éphémère.

T. S.

Sur la fabrication des vases pour accumulateurs alcalins, par U. Schoor (*Centralblatt f. Accumulatoren*, t. VI, p. 33, 15 février 1905). — Le vase en tôle d'acier est moins attaquable, plus solide, moins lourd, moins encombrant et moins cher que le vase en ébonite.

Parmi les procédés de fabrication des vases en tôle d'acier, l'auteur insiste particulièrement sur celui à la soudure électrique ou au chalumeau à gaz tonnant. En général, l'acier employé a 0^{mm},6-0^{mm},7 d'épaisseur. Le Tableau suivant donne le temps et les consommations relatifs à la soudure autogène de 1^m de tôle d'acier (Siemens-Martin) faite par un ouvrier exercé.

7..

Épaisseur de la tôle.	Temps. min	Consommation	
		d'oxygène.	d'hydrogène.
0,5	4,5	7 ^l ,5 soit 1 ^l ,5 par min.	30 ^l soit 6 ^l par min.
1	6	12 ^l ,5 soit 2 ^l ,1 par min.	50 ^l soit 8 ^l par min.
3	14	56 ^l soit 4 ^l ,0 par min.	225 ^l soit 16 ^l par min.

Edison, après avoir employé sans succès la soudure au cadmium, l'a remplacée par la soudure électrique. Ici une tension déterminée est nécessaire pour la bonne réussite et il faut aussi que la baguette de fer de laquelle jaillira l'arc sur la place à traiter soit reliée au pôle négatif.

Le procédé par étirage permet d'obtenir des vases en une seule pièce, mais la fabrication de bacs ayant par exemple 300^{mm} de hauteur, 140^{mm} de longueur et 90^{mm} de largeur, en acier de 0^{mm},6 d'épaisseur, présente de très grosses difficultés techniques. Elle exige en outre une forme coûteuse pour chaque nouveau modèle. De plus, elle ne peut pas donner des angles vifs, mais des angles arrondis. Le vase étiré présente enfin deux points faibles : par la comparaison des quatre bords, il y a au fond un excès de matière que l'on doit comprimer sur le fond en quatre bandes ayant la forme d'arcs de cercle. Le deuxième point est la difficulté de nickerler après coup l'intérieur du vase. Il est indispensable en effet de décaper à l'acide; mais celui-ci pénètre dans les replis du fond et, pour l'éliminer, il faut plusieurs heures d'ébullition dans la soude. S'il restait une trace d'acide, le fond s'attaquerait plus ou moins rapidement.

Une société allemande a obtenu d'abord des bacs en une seule pièce par l'emploi de hautes pressions hydrauliques; elle fit ensuite de la même manière le corps du bac et rapporta le fond par pression. Mais, par suite des déchets importants inévitables, cette fabrication revient très cher.

Dans son brevet allemand 152177 du 7 janvier 1903, Edison augmente la solidité des bacs par une ondulation horizontale des parois; d'autre part, il rapporte le fond qu'il comprime à la presse hydraulique.

L'auteur donne aussi des renseignements sur la possibilité de fabriquer galvaniquement les bacs. On sait que l'on peut obtenir par électrolyse des dépôts de fer assez épais et d'une dureté extraordinaire, due vraisemblablement à la grande quantité d'hydrogène occlus. Il n'est pas nécessaire que tout le bac soit en fer électrolysé; on peut prendre une âme métallique, en cuivre par exemple, et recouvrir de 0^{mm},2 à 0^{mm},3 d'un dépôt de fer. Comme bain, on peut employer une solution à 10 pour 100 d'un mélange de sulfate ferreux et de sulfate de magnésie (densité 1,05). Les principales conditions de réussite sont : faible intensité de courant, agitation du bain, échauffement de l'électrolyte, interruption du courant.

Avec les accumulateurs à électrolyte alcalin, il ne faut pas songer à employer le celluloïd qui s'attaque fortement avec les solutions de concentration normale. L'attaque est cependant faible avec les solutions de 5 à 10 pour 100.

Enfin M. U. Schoop parle de l'émaillage des bacs en acier. Avant l'émaillage, il n'est pas nécessaire que le bac soit absolument étanche, l'étanchéité est donnée par l'émail. Celui-ci, étant isolant, dispense de garnir le bac soit intérieurement, soit extérieurement, de parois en ébonite pour assurer l'isolement. Mais, pour éviter une trop grande augmentation de poids, la couche d'émail ne doit pas avoir plus de 1^{mm} d'épaisseur.

BREVETS RÉCENTS.

Machines génératrices. — ARMISTEAD. BP. 5146, 1904 (dynamos). — BAKER. USAP. 783666, 31 déc. 1904 (plateau

pour machine statique). — BEHREND. USAP. 783398, 24 novembre 1903 (dynamo). — BENNETT. USAP. 781032, 13 octobre 1902 (alternateur). — BURKE. USAP. 781103, 18 juillet 1904 (dynamo). — HARLÉ. USAP. 781878, 12 août 1902 (dynamo). — HOMMEL. DRP. 159060, 25 mai 1904 (inducteur). — LE MOAL. BF. 348286, 2 fév. 1904 (dynamo planétaire). — NIKHMER. BP. 4512, 1904 (production d'électricité). — SACHS. USAP. 781968, 19 sept. 1903 (dynamo). — SERVEAU. DRP. 159144, 31 janv. 1904 (dynamo). — SIMMS. BP. 7217, 1904 (machine magnéto-électrique). — SIPE. BP. 26269, 1904 (enroulement). — SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES. BF. 348335, 28 nov. 1904 (perfectionnements dans les dynamos à courant alternatif). — STANLEY. USAP. 783708 et 784013, 11 nov. 1903 (alternateur à basse fréquence). — THOMSON-HOUSTON. BF. 348945 et 348969, 26 août et 29 nov. 1904. — VARRET. BF. 348442, 16 juillet 1904 (perfectionnements aux machines électrostatiques). — WOOD. BP. 27337, 1904 (appareil électrique). — ZANI. BP. 135, 1904 (machine électrique). — ZIEHL. USAP. 781706, 30 sept. 1904 (alternateur). — **Divers :** BEHREND. USAP. 783397, 6 nov. 1903 (enroulement). — BURKE. USAP. 784032 et 781102, 9 mars et 3 mai 1904 (noyaux laminés et porte-balais). — FELDkamp. USAP. 781521, 16 avril 1901 (commutateur). — H&P et BARNES. USAP. 781650, 15 août 1904 (porte-balais). — HUBBARD. USAP. 782340, 2 fév. 1902 (régulateur pour machines dynamo-électriques). — KISHI. USAP. 781957, 25 août 1902 (noyaux d'inducteurs pour dynamos et moteurs). — KNOENER. USAP. 783965, 25 juil. 1904 (commutateur). — LIEBEN (VON) et REITZ. DRP. 159394, 18 déc. 1903 (régulateur pour dynamo). — PARSONS. USAP. 782463, 1^{er} oct. 1902 (fils pour dynamos). — SCHUCKERT. DRP. 158186, 1^{er} juin 1904 (démarrateur pour génératrice accouplée à un moteur à gaz). — SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES PROCÉDÉS J.-L. ROUTIN POUR LE COMPOUNDAGE ÉLECTROMÉCANIQUE DES GROUPES ÉLECTROGÈNES. BF. 348509, 19 nov. 1904 (régulateur électrique). — ZAUSMER. DRP. 159169, 23 sept. 1904 (isolement pour tôles de dynamos).

Machines transformatrices : CHURCHER. USAP. 782826, 3 sept. 1904 (redresseur de courant alternatif). — DUGRETT. BP. 3244, 1904 (transformateur). — DUNN. USAP. 783999 et 784000, 7 mai 1902 (commutation du courant continu). — FARIA (DE). BF. 348732, 20 février 1904 (transformateur de courants alternatifs en courant continu). — FORTSCUE. DRP. 159059, 6 janvier 1904 (transformateur). — HEYLAND. BF. 348533, 28 nov. 1904 (couplage pour transformateurs de compoundage et autres appareils). — KENT. USAP. 783207, 8 nov. 1904 (vibre pour bobines). — KRUH. BP. 27010, 1904 (transformateur). — MOODY. USAP. 783532 et 783533, 21 et 24 juillet 1904 (transformateur). — SECONDO SACERDOTE, VAPRIO D'ADDA, DRP. 159135, 5 nov. 1901 (transformateur). — SHUMAKER. USAP. 783802, 1^{er} sept. 1904 (bobine d'induction). — STERN. BP. 29347, 1904 (transformateur). — THOMSON (ELIHU). USAP. 783651, 4 déc. 1903 (transformateur pour machine-outil). — WEINTRAUB. BP. 2580, 1904 (redresseur de courant). — YOUNG. USAP. 783988 et 783989, 17 avril 1902.

Piles : BOULT. BP. 28554, 1904 (couple thermo-électrique). — HEIL. USAP. 781338, 31 oct. 1904 (couple thermo-électrique). — MARSH. USAP. 781288, 781289 et 781290, 18 oct. 1904 (couple thermo-électrique). — SUSE. DRP. 159166, 31 déc. 1902 (élément galvanique).

Accumulateurs : BROUSSEAU. BF. 348605, 6 déc. 1904 (accumulateur à électrolyte haloïde). — DIXIN. BF. 348637, 8 déc. 1904 (bouchon pour accumulateurs électriques). — EDISON. BF. 348746, 10 déc. 1904. — GARDINER. BP. 27862 et 27903, 1904. — JUNGNER. BP. 25095, 1904. — LEITNER. BP. 6792, 1904. — ROLOFF. DRP. 159393, 7 juin 1903 (électrode en nickel pour accumulateur alcalin).

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Régulation des transmissions à haute tension et à longue distance, par F.-G. BAUM. — Mémoire présenté au Congrès international électrique de Saint-Louis (23 pages, 16 figures).

L'auteur expose ici la pratique suivie pour l'exploitation et le contrôle du plus grand réseau de transmission qui existe, celui de la « California Gas and Electric Corporation », qui comprend environ 1100^{km} de lignes à 50000 volts, 110^{km} à 40000 volts et un grand nombre de kilomètres de lignes exploitées à des tensions moindres. La puissance totale distribuée est de 43650 kilowatts.

1. **CALCULS RELATIFS A LA LIGNE.** — On ne considérera ici que le système triphasé, qui est partout adopté pour les longues transmissions.

1. *Circuits.* — Dans les calculs relatifs aux lignes triphasées, le plus simple est ordinairement de considérer une seule branche de la ligne, en supposant que le retour du courant se fait par un conducteur neutre sans réactance ni résistance. Le procédé est légitime, que le conducteur neutre soit réel ou fictif, mis à la terre ou non. Les fils de ligne sont supposés placés aux sommets d'un triangle.

2. *Courant de charge ou de capacité.* — La capacité d'une ligne triphasée est formée de trois capacités partielles reliées en étoile, qui sont les capacités entre chaque fil et le conducteur neutre supposé placé au centre du triangle équilatéral. Chacune d'elles est donnée par l'équation

$$C = \frac{1}{2 \log_e \left(\frac{d}{r} \right)},$$

en unités électrostatiques par centimètre de ligne, d étant la distance entre deux fils de ligne, et r le rayon du fil ⁽¹⁾.

Si l'on exprime C en microfarads par kilomètre, le courant de charge par kilomètre et par fil, à la tension E entre fils et à la fréquence f , est

$$i = \frac{E \cdot C \cdot 2\pi f}{\sqrt{3} \cdot 10^6}.$$

Le courant de charge d'une ligne triphasée est $\frac{2}{\sqrt{3}}$ fois plus grand (15,5 pour 100) que celui d'une ligne monophasée, d , r et E étant les mêmes.

3. *Voltage de réactance.* — En unités C.G.S., la self-induction par fil et par centimètre a pour

expression

$$l = 2 \left[\log_e \left(\frac{d}{r} \right) + \frac{1}{4} \right],$$

et la self-induction en henrys par kilomètre est

$$L = 0,0002 \left[2,303 \log \left(\frac{d}{r} \right) + 0,25 \right].$$

Le taux pour cent du voltage de réactance, pour un courant donné I , à une fréquence donnée f , peut se calculer par l'expression suivante, X étant la longueur de la ligne en kilomètres :

$$\frac{X L 2\pi f I}{E} \times 100.$$

Élévation de tension due au courant de capacité.

— Comme l'auteur l'a montré dans un Mémoire présenté en 1900 à l'*American Institute*, la capacité d'une ligne peut toujours être considérée, en pratique, comme concentrée au milieu de la ligne. Dans ce cas, l'élévation de la tension est due à l'influence de la réactance de la moitié de la ligne (entre l'alternateur et le condensateur fictif) sur le courant de charge, x . La formule est donc

$$\text{Élévation de tension} = \frac{x L 2\pi f}{2}.$$

Comme le courant de charge varie proportionnellement à la tension en ligne, le taux pour cent d'élévation de tension ne dépend pas de la tension en ligne.

4. *Régulation de la tension en ligne.* — La régulation est d'importance capitale, la distribution exigeant que les fluctuations ordinaires de la tension n'excèdent pas 5 pour 100. Le cas le plus défavorable est celui où la ligne doit fournir l'énergie à un grand réseau de tramways, sans l'adjonction d'une batterie d'accumulateurs. La seule ressource est alors l'emploi de moteurs synchrones à compoundage automatique.

L'auteur propose pour le calcul de la régulation la méthode décrite ci-dessous ⁽¹⁾, beaucoup plus simple que la méthode usuelle.

⁽¹⁾ On a dans tous les cas trois tensions à considérer : 1° Tension aux bornes du circuit récepteur; 2° Chute de tension en ligne; 3° Tension au point de départ de la ligne. La chute de tension comprend la perte ohmique et le voltage de réactance. On a ordinairement plusieurs circuits récepteurs, dont les facteurs de charge sont différents, mais il est plus simple de considérer le courant total des récepteurs comme composé de deux parties, la composante wattée et la composante déwattée, qu'on regarde chacune comme circulant séparément sur la ligne.

Soit I le courant récepteur total et θ son angle de retard sur la tension réceptrice; la composante wattée du courant récepteur est $I \cos \theta$, sa composante déwattée, $I \sin \theta$. Représ-

⁽¹⁾ Pour la démonstration de cette formule, l'auteur renvoie à un article publié par lui dans les *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, en 1900, sous le titre : *Aluminum lines constants*.

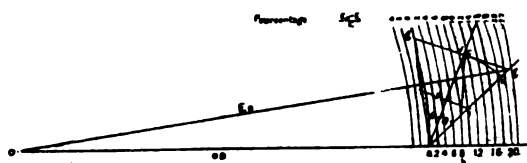
Surélations de tension en cas d'ouverture de la ligne en charge normale ou au moment d'un court-circuit. — L'auteur applique ici la méthode

sentons la tension réceptrice, E , par Oa (fig. 1). La chute de tension due à l'action de la résistance et de la réactance de la ligne sur la composante wattée du courant récepteur est $I \cos \theta \sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}$ (R , résistance; $L\omega$, réactance de la ligne). Dans la figure 1

$$\begin{aligned} ab &= I \cos \theta R, \\ bc &= I \cos \theta L\omega, \\ ac &= I \cos \theta \sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}, \end{aligned}$$

$ab = 8$ pour 100 de la tension réceptrice, c'est-à-dire que la perte $I^2 R$ dans la ligne est 8 pour 100 à pleine charge non

Fig. 1.



Méthode pour déterminer la régulation.

Receiver pressure = Tension aux bornes du circuit récepteur.
Percentage = Taux pour cent.

inductive; ac représente en grandeur et direction la tension perdue en ligne par la composante wattée du courant récepteur. Si, pour un courant décalé en arrière, on fait l'angle $cag = \theta$, et l'angle $acg = 90^\circ$, on a, comme il est facile de le vérifier sur la figure,

$$cg = I \sin \theta \sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}.$$

cg représente donc en grandeur et direction la tension perdue en ligne par la composante déwattée du courant récepteur. (Si le courant récepteur est en avance de l'angle θ sur la tension réceptrice, cg' représente la tension perdue en ligne par la composante déwattée). Le vecteur ag représente donc en grandeur et direction la tension perdue en ligne par le courant récepteur total. Donc og représente E_0 , tension au départ de la ligne, en grandeur et direction. Puisque ac représente la tension perdue en ligne par le courant de pleine charge, pour un circuit récepteur non inductif, $\frac{ac}{2}$ représente la tension perdue à demi-charge, dans les mêmes conditions. A demi-charge et pour l'angle de décalage θ , E_0 est représenté par oi . De a comme centre avec ac comme rayon, décrivons un arc de cercle : pour une intensité de courant égale à celle de la pleine charge et pour un facteur de puissance correspondant à l'angle θ , la valeur de E_0 est donnée par oh .

De o comme centre, on a mené des arcs de cercle par les points $a, 2, 4, \dots$. La distance radiale entre deux arcs voisins est 2 pour 100 de la tension aux bornes du circuit récepteur. On voit, par la position du point c , que la régulation de la ligne considérée, à pleine charge et pour un circuit récepteur non inductif, est de 11 pour 100; c'est-à-dire que la tension au départ de la ligne doit être de 11 pour 100 plus élevée que la tension aux bornes réceptrices. A pleine charge, en kilowatts, à un facteur de puissance correspondant à l'angle θ , la régulation est 21 pour 100 (point g); à pleine charge, en kilovoltampères, c'est-à-dire pour le même courant que dans le premier cas, avec même facteur de puissance que dans le second, la régulation est 19 pour 100 (point h).

connue (¹). On figure la capacité de la ligne par un seul condensateur placé en son milieu. Considérons une branche d'une ligne triphasée. La self-induction d'un fil entre l'alternateur et le centre de la ligne est L et la capacité de la branche entière est C (C est la capacité entre un fil de ligne et le conducteur neutre). On coupe brusquement le courant I qui circule dans la ligne; il faut calculer la différence de potentiel résultante V aux bornes du condensateur qui figure la capacité de la ligne. On applique la formule

$$(1) \quad \frac{LI^2}{2} = \frac{CV^2}{2}$$

ou

$$(2) \quad I = V \sqrt{\frac{C}{L}} = VC \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

D'autre part, on a, f étant la fréquence du courant de capacité : $I = C.V.2\pi f$, d'où

$$(3) \quad \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2\pi f,$$

f est la fréquence naturelle de la ligne. Pour une ligne triphasée, on peut prendre la self-induction, pour un fil et pour la moitié de la longueur de la ligne, égale à 0,05 henry par 100^{km} (0,08 par 100 milles), ou $L = 0,05D$, D étant la longueur de la ligne en centaines de kilomètres; la capacité C peut être prise égale à 1,25 microfarad par 100^{km} (2 microfarads par 100 milles), ou $C = \frac{1,25D}{10^6}$ farads.

Remplaçant C et L par ces valeurs dans l'équation (3), on obtient approximativement

$$f = \frac{640}{D}.$$

Cette fréquence ne variera guère avec l'écartement des fils, car lorsque cet écart augmente, L croît et C décroît, leur produit ne variant pas sensiblement. On peut en dire autant de la section des conducteurs. Ainsi, une ligne longue de 100^{km} a une fréquence naturelle de 640 périodes par seconde; une ligne de 200^{km} a une fréquence naturelle de 320, etc.

On a, d'après les équations (2) et (3),

$$V = \frac{1}{C.2\pi f}.$$

(¹) L'auteur dit avoir exposé cette méthode pour la première fois à la « Pacific coast Transmission Association » en 1902. Elle a été employée aussi par Blanck, dans un article du *Zeitschrift für Elektrotechnik* (analysé dans l'*Éclairage électrique* du 4 avril 1903).

Remplaçons C par sa valeur $\frac{1,25 D}{10^6}$ et f par sa valeur $\frac{640}{D}$, on obtient

$$V = 200 I \text{ (approximativement).}$$

Nous résumons en note ⁽¹⁾ les conséquences pratiques qu'on tire de cette évaluation.

Si l'on continue à faire croître la longueur des lignes jusqu'à ce que la fréquence naturelle du réseau devienne presque égale à la fréquence de distribution, de nouveaux problèmes entreront probablement en question. Peut-être sera-ce là le facteur qui limitera la distance de transmission.

⁽¹⁾ Soit $I_{00} = 100$ ampères, d'où $I_{\max} = 141$ ampères. Si l'on coupe le courant au moment de son maximum, on a

$$V = 200 \times 100 \sqrt{2} = 28\,200 \text{ volts.}$$

Cette tension se superpose à la tension normale de distribution, de sorte que la tension maxima possible pour l'interruption d'un courant quelconque est :

$$\text{Tension maxima} = E \sqrt{2} + 200 I \sqrt{2},$$

E est le voltage entre les fils de ligne et le neutre, I est le courant coupé. On a supposé que le courant est coupé instantanément; en réalité il se forme toujours un arc qui réduit la surélévation de tension.

En raison de la chute de tension due à la réactance de la ligne, il est probable que l'intensité par conducteur, pour les longues transmissions (250^{km} à 300^{km}), doit être limitée à 100 ampères environ, à moins que la fréquence ne soit inférieure à 60. Une intensité de 100 ampères, à la fréquence de 60 périodes et à la tension de 50 000 volts entre fils, sur une ligne longue de 320^{km} (200 milles) donne lieu à une baisse de tension par self-induction d'environ 50 pour 100. On peut admettre que les alternateurs donnent un courant de court-circuit égal à 4 fois le courant normal. Un court-circuit au milieu de la ligne donnerait donc lieu à un courant à peu près double du courant normal, de sorte que l'élévation maxima de tension due à la coupure du court-circuit serait d'environ 56 000 volts. Il semble donc qu'il y a une limite à la puissance que peut transmettre une ligne, limite fixée par la résistance des isolants à la surélévation de tension. Supposons la fréquence de distribution réduite à 25 ou 30 périodes, de sorte qu'on puisse transmettre environ 500 ampères par phase sans self-induction excessive; il faudra que l'isolement puisse résister à la tension normale entre fil de ligne et neutre, soit dans l'exemple précédent 30 000 volts, augmentée de la surélévation accidentelle, ce qui donne

$$30\,000 \sqrt{2} + 200 \times 500 \sqrt{2} = 130\,000 \sqrt{2} = 185\,000 \text{ volts.}$$

Dans ce qui précède on a fait l'hypothèse d'une longue ligne de transmission n'ayant qu'un circuit récepteur à son extrémité. En pratique, la charge est distribuée sur tout le parcours de la ligne, de sorte que l'énergie potentielle peut se décharger en partie dans les divers circuits récepteurs, ce qui diminue l'élévation de tension.

II. MATÉRIEL ET RÉGIME DES LIGNES A HAUTE TENSION.

— *Isolateurs.* — La Compagnie emploie sur ses lignes tous les types d'isolateurs, en verre, en porcelaine, ou partie en verre, partie en porcelaine, comprenant de une à quatre pièces. A la tension de 40 000 volts, un isolateur de $17^{\text{cm}},5$ (7 pouces) en verre est très satisfaisant dans les montagnes et dans les régions exemptes de brouillards épais. Jusqu'à 50 000 volts, on emploie un isolateur de $27^{\text{cm}},5$, en porcelaine; mais, à cette tension, il cause des difficultés en temps de brouillard et aux froides températures. Pour 60 000 volts, on emploie des isolateurs de 35^{cm} , à quadruple cloche, en porcelaine: ils donnent de très bons résultats.

— *Construction générale de la ligne.* — Dans les lignes à 60 000 volts, les conducteurs sont écartés de $1^{\text{m}},80$ (6 pieds) et disposés aux sommets d'un triangle. Dans les montagnes, on utilise les différences de niveau naturelles: il y a des portées de 300^{m} à 540^{m} (1000 à 1800 pieds), avec conducteurs en aluminium. On se sert de poteaux, mais il est reconnu que les pylônes, sans revenir beaucoup plus cher, faciliteraient beaucoup l'exploitation.

— *Interrupteurs.* — La Compagnie en emploie deux modèles: interrupteurs à huile et interrupteurs à air. Pour les grandes puissances, l'interrupteur à huile est seul employé. L'auteur reproduit les dessins de ces appareils.

— *Parafoudres.* — On se sert de parafoudres à cornes, à simple ou double intervalle d'air. Grâce à la bonne isolation de la ligne et des transformateurs, cet appareil simple donne de bons résultats.

— *Production de l'énergie.* — On produit l'énergie à 2300 volts et l'on élève la tension jusqu'à celle de la ligne, les primaires des transformateurs étant reliés en étoile avec point neutre à la terre. A l'usine génératrice il n'y a ni fusibles ni disjoncteurs; aux sous-stations, les transformateurs sont ordinairement munis de fusibles.

— *Tension en ligne.* — La tension la plus convenable à la transmission dépend surtout de la longueur de la ligne. A partir de 80^{km} (50 milles), il y a généralement économie à prendre la tension la plus élevée possible. On peut employer aujourd'hui avec sécurité la tension de 60 000 volts; il est probable que la tension de 100 000 entrera dans la pratique avant peu d'années.

Ce sont les brouillards qui causent le plus de difficultés. Près des côtes de la mer, la condensation du brouillard sur les isolateurs réduit l'isolement à un point tel que les traverses et les poteaux de bois prennent feu. Dans les régions montagneuses et avec des isolateurs de nouveau modèle, l'exploitation de la ligne n'est pour ainsi dire jamais troublée.

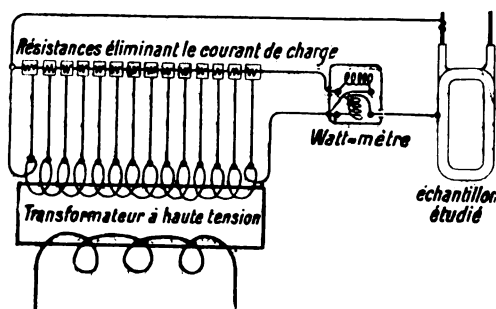
P. L.

7...

Éléments pour le calcul des isolements à haute tension, par H.-J. RYAN. Mémoire présenté au Congrès international électrique de Saint-Louis, 1904 (18 pages, 4 figures).

PROCÉDÉS D'ISOLEMENT. — Si l'on considère un conducteur recouvert d'un isolant, il est manifeste que c'est au voisinage immédiat du conducteur que la densité du flux diélectrique ⁽¹⁾ est la plus grande. En effet, le flux total à travers une surface

Fig. 1.



entourant le conducteur reste le même, et l'aire de cette surface est d'autant plus petite qu'elle est plus voisine du conducteur; c'est donc au voisinage de

⁽¹⁾ NOTATIONS. — L'expression de *densité du flux diélectrique* est équivalente à celle de champ électrique ou de gradient du potentiel: on peut aussi caractériser l'intensité du champ électrique par l'intégrale du courant de déplacement (ou courant de charge). Par analogie avec les formules du champ magnétique, on appellera le pouvoir inducteur spécifique *perméabilité diélectrique*. Comme dans le cas du champ magnétique, on aura

$$\Phi = KHS \quad \text{ou} \quad \frac{\Phi}{S} = KH.$$

La capacité (en farads) est représentée par le courant de charge (en coulombs) provoqué par une force électromotrice de 1 volt. L'énergie nécessaire à la création du champ dans le diélectrique est

$$W = \frac{1}{2} CV^2.$$

Dans une épaisseur d'air de 1^{cm}, une force électromotrice de 1 volt produit une densité de flux diélectrique égale à

$$883,4 \cdot 10^{-10} \frac{\text{coul.}}{\text{cm}^2}.$$

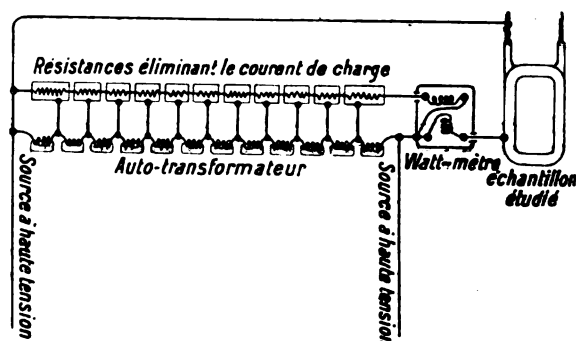
Dans un diélectrique de pouvoir inducteur spécifique K, cette densité de flux doit être multipliée par K.

DISRUPTURE. — Lorsque la densité du flux dépasse une certaine valeur, il se produit une rupture du diélectrique. Dans les expériences destinées à mesurer cette densité de rupture, il est nécessaire que la densité du flux soit aussi uniforme que possible sur toute la surface du diélectrique. Il faut que celui-ci soit noyé dans un autre dont la rigidité soit comparable à la sienne: on peut y arriver en faisant les essais dans l'air comprimé.

la surface des conducteurs que la couverture isolante doit présenter la plus grande rigidité. Or il se trouve malheureusement qu'en pratique cette condition est à peu près impossible à réaliser.

Considérons, par exemple, deux bobines voisines formant une partie de l'enroulement d'un alternateur à haute tension. Le conducteur qui forme ces bobines est recouvert d'une enveloppe isolante, parfaitement susceptible de résister à la différence de potentiel locale qui se produit entre deux portions voisines: c'est ce qu'on peut appeler l'*isolement*

Fig. 2.



faible. D'autre part, la bobine est recouverte dans son ensemble d'une couverture très soignée, dont la rigidité est aussi grande que possible et qui doit supporter la différence de potentiel produite dans l'armature: ce qu'on peut appeler l'*isolement fort*.

Ce dispositif, le meilleur qu'on puisse actuellement réaliser, présente un défaut sérieux. Le flux diélectrique part de la surface des conducteurs extérieurs, traverse (en série) les deux couvertures isolantes et aboutit à la surface de l'encoche. La densité de ce flux ne peut être uniforme. Considérons, en effet, deux zones concentriques autour de la bobine: la zone intérieure est limitée par la surface irrégulière du conducteur; la zone extérieure par les parois lisses de l'encoche. La densité est donc plus uniforme dans cette deuxième zone. D'autre part, la section traversée par le flux est beaucoup plus petite dans la zone intérieure. Il s'ensuit que l'isolement faible doit supporter une densité de flux beaucoup plus grande que celle à laquelle est soumis l'isolement fort, tout au rebours de ce qui conviendrait.

Il faudrait, sans sacrifier la rigidité et sans accroître les difficultés de la construction, arriver à donner à l'isolement fort la plus faible perméabilité possible. En effet, il conviendrait de réduire le flux total qui se produit entre la surface extérieure du conducteur et les parois de l'encoche à une valeur telle que la densité maximum du flux dans l'isole-

ment faible soit inférieure à la limite de disrapture de ce dernier ⁽¹⁾.

Dans tous les appareils, générateurs ou transformateurs, le flux est du même ordre de grandeur à travers l'isolement fort et l'isolement faible. Par construction, la rigidité de ce dernier est beaucoup plus petite que celle du meilleur diélectrique utilisé pour l'isolement fort. Aussi faut-il employer une énorme quantité de diélectrique très peu perméable dans l'isolement fort des transformateurs non immergés ⁽²⁾.

L'huile est l'isolant qui convient le mieux pour les tensions très élevées. En éliminant par un traitement approprié tous les gaz de la couverture isolante solide et de l'huile où l'on immerge le transformateur, on obtient un isolement fort et un isolement faible qui présentent partout une grande rigidité.

Il subsiste cependant un inconvénient. La densité du flux est très grande à la surface des conducteurs extérieurs des bobines terminales. Accidentellement, il peut se produire en ces points des quantités de flux anormales qui dépassent les limites de disrapture; il en résulte une détérioration de l'isolant. Cette détérioration est souvent très légère, mais la cause subsiste et elle se répète.

Pour remédier à cet inconvénient, il conviendrait d'enfermer les bobines ou les sections du circuit à haute tension dans des enveloppes métalliques, de manière à ce que, en fonctionnement normal, l'isolement faible n'ait à supporter aucun effort électrique. D'autre part, pour éviter les efforts dus à des élévations locales et anormales du potentiel, on pourrait réunir les extrémités de chaque bobine à un exploseur convenablement choisi.

L'enveloppe métallique doit être reliée à l'une des extrémités de la bobine et disposée de manière à empêcher la circulation du courant de charge.

Ce système serait plus aisé à appliquer aux transformateurs qu'aux générateurs.

ESSAI DES MATIÈRES ISOLANTES. — Il faut, dans ces essais, connaître la valeur et la forme de la force électromotrice du courant de charge, ainsi que leur différence de phase.

(1) L'isolement faible est toujours poreux et renferme des gaz occlus à la pression atmosphérique. Aussi il suffit de densités de flux relativement faibles pour produire des disraptures locales, qui entraînent une destruction rapide grâce aux effets calorifiques et chimiques du courant de charge. La rigidité des diélectriques usuels qui ont une faible perméabilité est telle qu'il serait difficile actuellement, sans employer des épaisseurs exagérées, de construire des machines travaillant à plus de 15000 volts.

(2) D'après l'expérience des meilleurs constructeurs, il serait impossible de construire ces transformateurs pour une tension supérieure à 35000 volts, sans être conduit à des dimensions inadmissibles.

La forme peut être déterminée à l'aide d'un tube de Braun, ou, si elle est fort irrégulière, à l'aide d'un oscillographe.

La valeur maximum de la force électromotrice peut être trouvée en observant la luminescence de l'air produite par cette force électromotrice entre un cylindre conducteur et un fil tendu suivant l'axe de ce cylindre.

Pour déceler la conduction due à la disrapture des bulles de gaz ou des diélectriques étrangers, il faut disposer d'un bon wattmètre. Il faut que le circuit de voltage de ce wattmètre soit soustrait à l'influence du courant de charge. Les figures 1 et 2 représentent les dispositifs employés dans ce but, suivant que le transformateur est ou non à la portée de l'opérateur.

Dans ce dernier cas, on relie aux pôles de la source une série de petits transformateurs, en nombre égal à celui des sections qu'on veut protéger dans le circuit des volts; chacun de ces transformateurs a une force électromotrice normale égale à la force électromotrice totale divisée par leur nombre.

On peut ainsi construire des caractéristiques représentant la variation avec la force électromotrice de la puissance dissipée dans le diélectrique.

(Le Mémoire reproduit quelques-unes de ces caractéristiques.) M. L.

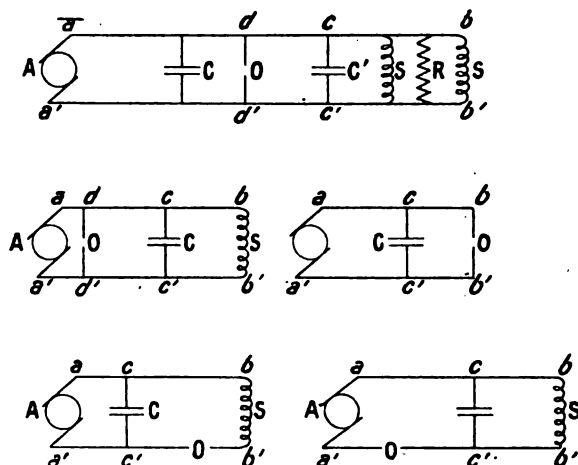
Du rôle des arcs dans la production des oscillations dans les réseaux, par A. BLONDEL. (Communication faite à la séance du 5 avril de la Société internationale des Électriciens). — Lorsqu'un arc s'établit entre deux conducteurs d'un réseau de transmission, cet arc peut, au moins dans certaines circonstances, provoquer des surtensions dans le réseau. Steinmetz a fait allusion à ce phénomène il y a deux ans environ et a calculé les surtensions correspondantes en considérant les oscillations comme libres; il a obtenu ainsi des valeurs extrêmement élevées, de beaucoup supérieures à celles des surtensions que la pratique a permis de constater. De leur côté, MM. Picou, Potier, de Marchena, Brylinski, dans les diverses Communications qu'ils ont faites l'an dernier et cette année, devant la Société internationale des Électriciens, ont également envisagé la possibilité de la production d'oscillations et de surtensions par la rupture d'un court-circuit; considérant ces oscillations comme libres, mais, tenant compte de l'amortissement très considérable qu'elles éprouvent, ils sont arrivés pour les surtensions correspondantes à des valeurs plus conformes à celles que la pratique a révélées. M. Blondel, se basant sur des résultats d'essais, estime que les valeurs ainsi calculées sont encore trop élevées, et qu'il est incorrect, au moins dans la plupart des cas, de considérer ces oscillations comme libres: un court-circuit ou même un contact imparfait donnerait lieu, en réalité, à une série d'arcs oscillants provoquant dans le réseau des oscillations *forcées* dont les amplitudes elles-mêmes naissent à des surtensions moindres que celles que l'on trouve en supposant le régime libre. Ces surtensions ne seraient d'ailleurs pas moins dangereuses pour les isolants des diverses parties du réseau, car, si elles sont de moindre importance, elles se répètent périodiquement et fatiguent les isolants.

Les conditions nécessaires pour la production d'arcs oscil-

lants sont en effet réalisées dans de nombreux cas sur les réseaux de transmission à haute tension, particulièrement ceux qui renferment des câbles armés.

Supposons, par exemple, qu'un défaut se produise entre les points dd' d'une ligne ab , $a'b'$ partant d'un alternateur A

Fig. 1 à 5.



et alimentant des récepteurs R et S dénués ou non de self-induction (fig. 1); sur l'arc O nous aurons en dérivation deux circuits ayant chacun une certaine capacité (représentée schématiquement par C ou C') et une certaine self-induction (celle de l'alternateur d'une part, celle des récepteurs d'autre part); nous serons donc dans les conditions voulues pour avoir en O un arc oscillant.

Pour nous rendre compte du mécanisme qui entretient l'arc oscillant, considérons un cas simple, celui où le défaut est près de l'alternateur (fig. 2). Au moment où l'arc va s'établir en O, le condensateur C (représentant la capacité de la ligne et des récepteurs) est chargé et un courant circule dans les circuits inductifs des récepteurs; l'établissement de l'arc provoque la décharge du condensateur et des circuits inductifs par suite de la propriété que possèdent les arcs (et surtout les arcs entre métaux) d'abaisser brusquement à une valeur très faible la résistance apparente entre électrodes. Mais alors le condensateur déchargé produit un appel de courant et provoque une diminution de l'intensité du courant de l'arc, diminution qui finit par amener l'extinction de l'arc. L'arc étant éteint, la résistance entre électrodes augmente brusquement (surtout si les électrodes sont métalliques) et le courant de l'alternateur recharge le condensateur et les circuits inductifs jusqu'à ce que la différence de potentiel entre électrodes rallume l'arc et reproduise la même série de phénomènes.

A chaque changement de régime provoqué par l'allumage ou l'extinction de l'arc des oscillations prendront naissance dans le circuit $dbb'd'$, oscillations dont la fréquence est déterminée par les conditions de ce circuit et qui peut être plus élevée que celle des rallumages de l'arc. En même temps pourra prendre naissance une surtension dans le circuit de l'alternateur, car, au moment où l'arc s'éteint, l'énergie emmagasinée dans l'alternateur par suite de la self-induction produit un relèvement rapide de la tension aux bornes, laquelle peut devenir plus élevée que la tension normale, si la self-induction est considérable, ce qui est généralement le cas pour les alternateurs de haute tension. Toutefois il ne semble pas que cette surtension puisse devenir dangereuse, car elle est limitée d'une part par le rallumage de l'arc,

d'autre part par la prolongation, même très courte, de la conductibilité du milieu au moment où l'arc s'éteint; cette prolongation, sans modifier notablement la valeur absolue du courant, influe sensiblement sur la valeur de $\frac{di}{dt}$.

Les figures 3 à 5 représentent quelques autres cas simples dans lesquels l'arc peut, comme précédemment, prendre un régime oscillatoire. La figure 3 suppose l'alternateur simplement fermé sur le condensateur C représentant la capacité du réseau à vide; dans la figure 4 le dispositif se trouve compliqué par la présence d'un appareil récepteur S fonctionnant à vide; en figure 5 le défaut est supposé se produire près de l'alternateur.

M. Blondel a fait quelques essais oscillographiques sur des circuits reproduisant autant que possible les conditions indiquées dans les schémas précédents, et particulièrement par le schéma de la figure 4. Le circuit $cbb'c'$ était constitué par un condensateur C de 16 microfarads, un arc O entre charbons homogènes et une bobine de self-induction S; il était alimenté par le courant alternatif à 125 volts distribué par l'Ouest-Lumière. L'emploi d'une tension aussi basse se trouvait imposé, au moins provisoirement, faute de moyens financiers pour réaliser en laboratoire des condensateurs supportant plusieurs milliers de volts et comparables comme capacité à un réseau de câbles souterrains et aussi dans le but d'éviter les dangers d'accidents dans le maniement des appareils de mesure et le réglage des arcs de haute tension. Les recherches antérieures de M. Blondel lui avaient d'ailleurs appris que l'arc à courant alternatif entre charbons homogènes à basse tension présente des phénomènes qualitativement analogues à ceux des arcs de haute tension entre métaux. — Les relevés oscillographiques étaient pris au moyen d'un oscillographe triple; l'un des circuits de l'oscillographe était branché en dérivation entre c' et b' et donnait la tension U; un autre, en série entre ces points, donnait l'intensité J du courant traversant l'arc; enfin, le troisième, en série entre c et C, donnait l'intensité I du courant de charge et de décharge du condensateur. L'examen des courbes de J montre que l'arc s'allume et s'éteint trois à quatre fois pendant la durée d'une alternance du courant alternatif et qu'il reste éteint un temps plus long au passage d'une alternance à la suivante. La tension U éprouve simultanément de fortes oscillations, mais les oscillations correspondant aux extinctions et allumages rapides ne donnent lieu à aucune surtension, celle qui résulte de l'extinction plus longue accompagnant chaque changement de sens de la tension appliquée étant la seule présentant parfois une surtension; cela s'explique, car l'arc, se refroidissant plus complètement pendant cette extinction plus longue, exige une tension plus grande pour se rallumer. D'ailleurs, cette surtension, quand elle existe, est toujours faible, ce qui peut s'interpréter comme il suit : Le courant de l'arc présente, par suite de la self-induction, un retard par rapport à la force électromotrice appliquée et peut se trouver par conséquent en sens contraire du sens de celle-ci, un peu avant la longue extinction de l'arc; alors l'énergie $\frac{1}{2}LI^2$ emmagasinée agit, au moment de l'extinction, en sens inverse de la force électromotrice appliquée; la force électromotrice de self-induction ne s'ajoute donc pas à cette dernière, mais, au contraire, s'en retranche; en d'autres termes, tout se passe comme si, au lieu d'une rupture de circuit, on avait une fermeture et l'on sait que dans ce dernier cas l'extra-tension ne peut dépasser le double de la valeur de la force électromotrice à l'instant où se produit cette extra-tension.

Dans d'autres essais l'arc entre charbons homogènes était remplacé par un arc entre électrodes de cuivre. Mais, comme un tel arc ne s'éteint pas de lui-même aux basses tensions employées, des extinctions et rallumages périodiques étaient produits en écartant et rapprochant mécaniquement les

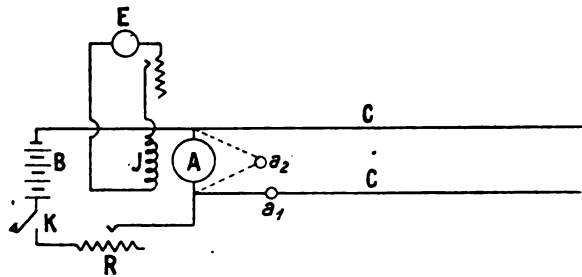
électrodes. Dans ces essais encore les surtensions constatées ne dépassaient pas le double de la tension normale.

M. Blondel conclut donc que dans les réseaux à courants alternatifs les surtensions dues à des ruptures d'arc sont moins à craindre qu'on ne le croit généralement : c'est surtout par la continuité des arcs oscillants que les détériorations sont à redouter. Quant aux canalisations à courant continu à haute tension, elles paraissent présenter au contraire moins de sécurité, car la force électromotrice de self-induction développée par la rupture d'un arc s'ajoute alors à la tension normale et peut donner lieu dès lors à des surtensions importantes; l'emploi de câbles souterrains étendus sur des canalisations de ce genre pourrait donc être dangereux.

J. B.

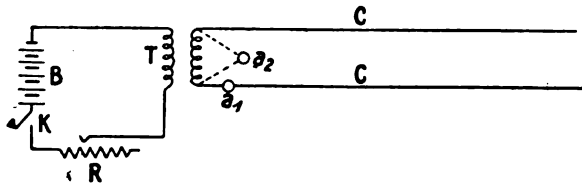
Détermination expérimentale des régimes libres oscillatoires des réseaux, par A. BLONDEL (Communication faite à la séance du 5 avril de la Société internationale des Électriciens). — Le calcul de la période des oscillations libres d'un réseau suppose connues les capacités et les inductances des diverses parties du réseau et des appareils qui y sont branchés. Or une certaine incertitude règne sur les valeurs exactes de ces grandeurs. Par conséquent, il est préférable de déterminer expérimentalement cette période. — Pour y parvenir, dans le cas d'un réseau monophasé alimenté par un alternateur, M. Blondel propose le dispositif représenté par la figure 1. On fera passer dans l'induit de l'alter-

Fig. 1.



nateur un courant continu fourni par une batterie B et réglé par un rhéostat R; puis on excite, au moyen de la source E, les inducteurs J de manière à ce que ceux-ci prennent leur saturation normale; enfin on coupe brusquement le circuit de l'induit à l'aide de la clef K; un oscillographe double α_1, α_2 fera connaître la loi de la variation de la tension aux bornes de l'alternateur et celle de l'intensité dans le réseau. — La figure 2 indique l'application de la même

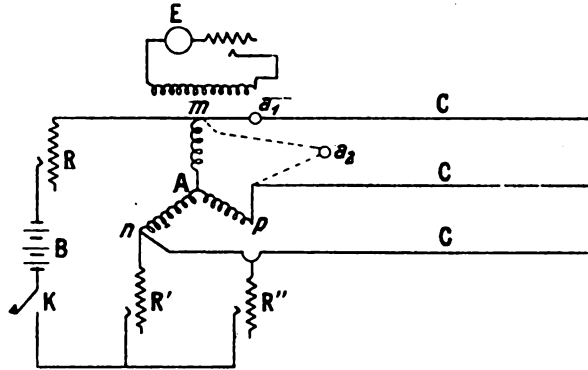
Fig. 2.



méthode au système constitué par un transformateur T et une canalisation CC. — Dans le cas d'une canalisation triphasée, la même méthode s'applique à condition d'alimenter simultanément les trois phases par des courants continus présentant entre eux les mêmes relations d'intensité que trois courants triphasés à un certain moment de leurs périodes.

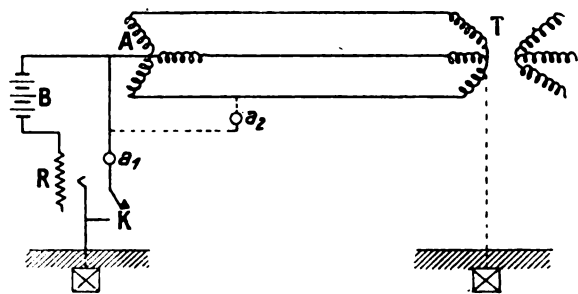
Cette condition se réalise très facilement dans les alternateurs montés en étoile en disposant les connexions comme l'indique la figure 3, car, quelle que soit la façon dont le courant se répartit entre les phases 2 et 3, répartition qu'on est

Fig. 3.



maître de modifier à volonté au moyen de rhéostats R, R', R'', la somme algébrique des trois courants au point neutre est nulle. On peut aussi alimenter par le courant continu une seule phase si l'on veut seulement étudier les oscillations produites dans un seul pont. En donnant à l'induit de l'alternateur essayé différentes positions, on peut déterminer l'influence de la répartition des courants entre les trois branches au moment de la rupture du circuit. On peut, dans tous les cas, se faire une idée des extratensions en fonction des courants passant dans l'induit au moment de la rupture tout en opérant toujours avec des tensions réduites, choisies assez basses pour ne pas endommager les isolants. — L'étude des périodes d'oscillations libres des réseaux mis à la terre par les points neutres peut se faire de la même manière, en envoyant un courant continu dans le circuit de mise à la terre, comme le montre la figure 4, et en inter-

Fig. 4.



rompant ce courant par la mise en court-circuit brusque de la source B au moyen de l'interrupteur K. — Cette méthode paraît pouvoir rendre des services pour l'étude des conditions de résonance des réseaux avant leur mise en service. Elle ne repose sur aucune hypothèse autre que l'indépendance des phénomènes par rapport à la valeur absolue de la tension initiale; or l'élévation de la tension ne peut produire qu'une augmentation des pertes par hystérésis dans les câbles et par suite une augmentation favorable de l'amortissement.

TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONIE.

La charge des lignes téléphoniques dans la pratique, par le Dr HAMMOND VINTON HAYES. Mémoire présenté au Congrès international électrique de Saint-Louis.

L'auteur indique que l'étude théorique des lignes téléphoniques chargées et la discussion de cette théorie ont été faites en particulier par le professeur Pupin et le Dr G.-A. Campbell. Dans le Mémoire qu'il présente au Congrès de Saint Louis il se borne à indiquer brièvement les résultats obtenus par l'emploi de bobines de charge sur plusieurs lignes téléphoniques de la compagnie Bell.

Deux facteurs sont à considérer dans la transmission des ondes téléphoniques sur la ligne: l'atténuation et l'altération des ondes. Les pertes d'énergie des ondes sur la ligne peuvent être réduites à un minimum.

En ce qui concerne l'altération des ondes: l'introduction sur une ligne téléphonique, sous forme de bobines de charges, d'une forte inductance, accroît l'altération par suite de l'inégale réflexion que subissent les ondes de périodicité diverses ainsi que par l'inégale atténuation qu'éprouvent les ondes différentes au passage desdites bobines.

Pour déterminer pratiquement laquelle des deux bobines introduit la plus grande altération, d'une première à noyau de fer ou d'une seconde tout entière en cuivre, les deux bobines furent introduites successivement sur une même ligne ou sur deux lignes identiques d'environ 1000 miles de longueur. Les bobines étaient semblablement placées sur les deux circuits et avaient même inductance et très approximativement même résistance. La résistance effective de la bobine à noyau de fer étant d'environ $15^{\frac{1}{2}}$ à la périodicité de 2000 par seconde. La bobine tout entière en cuivre avait à la même périodicité $11^{\frac{1}{2}}$, 8 de résistance effective.

Les circuits furent alors comparés entre eux avec le plus grand soin et l'on ne constata aucune différence entre eux quant au caractère ou à la qualité de la transmission téléphonique. Ces résultats sont encore confirmés par le fait que la suppression ou la réduction des ondes sonores de plus haute périodicité n'affecte en rien la qualité ou l'intelligibilité de la parole transmise. Ces expériences démontrent d'une manière concluante la possibilité d'employer pour les usages commerciaux des bobines de charge à noyau de fer.

La discussion des dimensions à adopter pour les bobines de charge sur les diverses classes de circuits a été faite théoriquement par le Dr Campbell. En pratique la grosseur et le prix de la bobine sont les facteurs à prendre en sérieuse considération. Pour les lignes aériennes à gros fil, partant de faible résistance, il est de la plus grande importance que

la constante de temps $\frac{L}{R}$ de la bobine soit aussi grande que le permet la considération d'un prix raisonnable. Cette constante augmente avec la grosseur de la bobine, mais le prix augmente aussi proportionnellement. — Suivant les déductions tirées de la théorie du Dr Campbell, la résistance des bobines employées sur les lignes aériennes est de $2^{\frac{1}{4}}$. Le noyau de la bobine, la perméabilité du fer employé, la subdivision du fer et du cuivre étaient tels que la bobine présente une inductance de 0,25 d'henry, une constante de temps de 0,048 de seconde à la périodicité de 1000 par seconde et un volume approximatif de 314 pouces cubes ($15^{\frac{1}{2}} \times 6,25 \times 314 = 4^{\frac{1}{2}} \times 9$). La bobine a la forme d'un tore de 10 pouces de diamètre et 4 pouces de hauteur. Elle a une résistance effective de $15^{\frac{1}{2}}$ à 2000 périodes par seconde.

Les bobines à employer sur les câbles où la grosseur du conducteur est beaucoup moindre ne doivent pas présenter une aussi faible résistance, par suite leur grosseur et leur constante de temps peuvent être beaucoup plus petites. Un grand nombre de bobines ont été placées sur les divers câbles en service; leurs caractéristiques varient avec le circuit sur lequel elles ont été employées.

Reflexion des ondes. — Dans les appareils actuellement employés en téléphonie, par suite de la non-uniformité de la ligne, les ondes subissent une réflexion qui dans bien des cas produit une notable atténuation des ondes. Cette réflexion est particulièrement prononcée au point où une section non chargée de la ligne est connectée avec une section chargée. L'influence de la réflexion est d'autant plus grande que la différence présentée par les lignes connectées est grande. Si une section présente une grande inductance par mile et qu'elle soit connectée avec une section de faible inductance par mile, il se produit alors une réflexion très notable. En pratique ces effets ont une très grande importance surtout lorsque la section n'est pas très longue. Théoriquement les pertes par réflexion peuvent être éliminées par l'emploi d'un transformateur parfait introduit à la connexion même des lignes. Cette introduction présente en pratique de grandes difficultés, aussi on y substitue son équivalent sous forme d'une série de bobines d'inductances variées. Cet arrangement est connu sous le nom de *taper terminal* (*taper*, bougie). L'arrangement des diverses bobines constituant la bougie doit être tel qu'une bobine ayant une inductance un peu inférieure à celle des bobines employées sur la section chargée doit être placée tout près de cette section; une bobine d'inductance un peu inférieure à la première est disposée à la suite et une bobine de faible inductance est placée tout près de la section non chargée ou bien de l'appareil terminal. L'espacement des bobines du *taper* correspond à celui des bobines de la ligne dont il forme le terminal.

Le Mémoire du Dr HAMMOND VINTON HAYES se termine par quelques graphiques traduisant les résultats obtenus sur des circuits commerciaux constitués par des câbles chargés et par des lignes aériennes chargées.

La conclusion de cette étude expérimentale est la suivante: Dans le cas des câbles une très notable amélioration dans la qualité de la transmission est obtenue par l'emploi des bobines de charge; la voix du correspondant est entendue bien plus distinctement. — Dans le cas des lignes aériennes de bons résultats sont aussi obtenus par l'usage de ces bobines, mais la réduction des pertes n'est plus produite avec la même facilité. L'isolement parfait qu'on peut maintenir en tout temps sur un câble permet en effet d'y introduire des bobines de charge sans crainte d'augmenter les pertes. On ne peut espérer d'une manière certaine de toujours accroître la qualité de la transmission sur les lignes aériennes par l'adjonction de bobines de charge tandis qu'on y parvient d'une façon sûre s'il s'agit de câbles. A. TURPAIN.

La capacité des longs câbles sous-marins, par DEVAUX-CHARBONNEL (Communication faite à la séance du 3 mars de la Société française de Physique). — L'objet de la présente Communication est de proposer une nouvelle méthode pour la mesure de la capacité des longs câbles.

Les câbles sous-marins télégraphiques sont essentiellement des condensateurs. Ils se composent d'un conducteur central isolé par un diélectrique, la gutta-percha, et protégé par une couche de fils de fer jointifs. Pendant les transmissions le conducteur est relié à une pile, dont un pôle est à la terre; l'armure en contact avec l'eau de mer est maintenue au potentiel du sol. Le câble constitue donc un condensateur cylindrique, dont la capacité serait fixe et bien déterminée si le diélectrique était de l'air. Malgré l'hétérogénéité que présente toujours la gutta, cette condition est néanmoins

réalisée, au moins dans les conditions d'emploi des câbles. Les voltages ne sont jamais supérieurs à 50 volts, le nombre des signaux est toujours voisin de 10 par seconde, de sorte que les forces électromotrices sont toujours faibles ainsi que la fréquence des courants.

La capacité est donc une quantité qui reste constante pendant les différentes phases des transmissions. La détermination exacte de sa valeur est du plus grand intérêt. La théorie et la pratique s'accordent pour démontrer que la propagation des courants ne dépend que de la résistance et de la capacité. La résistance se mesure sans difficulté. La capacité, au contraire, n'a jamais jusqu'à présent été déterminée avec précision. Il y a tout lieu de le regretter car cet élément joue le plus grand rôle dans le rendement du câble, dans sa vitesse de transmission et il est également le seul qui permette de déterminer le point de rupture du câble dans le cas où la rupture est accompagnée d'un isolement du conducteur.

En général, la mesure d'une capacité C se ramène à celle de la quantité d'électricité Q que prend un condensateur quand on le charge avec une force électromotrice E . On a, par définition,

$$Q = CE.$$

Pour les câbles la mesure de Q est difficile parce que le phénomène de la charge n'est pas instantané. On peut facilement déduire des formules données antérieurement, à propos d'une étude sur la propagation du courant ⁽¹⁾, la valeur du courant de charge au début du câble, et le rapport de la charge prise à la charge totale en fonction du temps. On trouve

$$I = \frac{2E}{R} \sum_1^{\infty} e^{-\frac{n^2 \pi^2 t}{4CR}}$$

et

$$\frac{\int_0^t I dt}{CE} = \frac{8}{\pi^2} \sum_1^{\infty} \frac{1}{n^2} \left(1 - e^{-\frac{n^2 \pi^2 t}{4CR}}\right)$$

où n représente la suite des nombres impairs.

En posant

$$I_0 = \frac{E}{R},$$

valeur du courant en régime permanent, et en désignant par A et B les quantités

$$A = \frac{I}{I_0}, \quad B = \frac{\int_0^t I dt}{CE}$$

on peut calculer le Tableau suivant qui montre que la charge n'est pas encore complète au bout d'un temps $t = 2CR$.

En poursuivant plus loin le calcul on trouve qu'à $3CR$ la charge est complète à $\frac{1}{4}$ dix-millièmes près. On peut alors admettre que le phénomène est pratiquement terminé. Pour les grands câbles, CR varie entre 6 et 8 secondes. La charge dure donc près d'une demi-minute :

$\frac{t}{CR}$	A.	B.
0,001.....	20,14	0,06
0,01.....	5,60	0,11
0,1.....	1,78	0,36
0,5.....	0,58	0,76
1,0.....	0,17	0,92
2,0.....	0,01	0,99

On ne peut espérer mesurer la charge d'un câble par les

⁽¹⁾ *Éclairage électrique*, 20 avril 1902.

méthodes usuelles du galvanomètre-balistique ou du pont de Wheatstone, qui supposent que la charge est instantanée. Il faut avoir recours à des procédés indirects.

La méthode la plus usitée et qui a donné jusqu'à présent les meilleurs résultats est celle de Thomson.

Elle consiste à charger un condensateur en même temps que le câble en disposant l'expérience de façon que les charges soient égales et de signe contraire. Après avoir mélangé les charges, l'ensemble doit être revenu à l'état neutre. On le vérifie au moyen d'un galvanomètre qu'on relie au point de jonction et l'on fait varier les conditions expérimentales jusqu'à ce que le résultat désiré soit atteint. On déduit facilement, de la charge connue qu'a prise le condensateur, celle du câble et par conséquent sa capacité.

Les nombres qu'on obtient dans une série d'expériences ne sont jamais concordants. Le temps pendant lequel le condensateur et le câble doivent être réunis après avoir été chargés est voisin d'une demi-minute. Les pertes par isolement, par pénétration de la charge dans le diélectrique, viennent fausser les résultats. Les variations de potentiel du sol compliquent encore le phénomène.

Même en répétant les déterminations, une assez grande incertitude affecte le chiffre qui est adopté comme moyenne, à cause de la discordance des nombres individuels. Ce chiffre d'ailleurs est généralement trop faible à cause des pertes que ne peut éviter la méthode.

Il y a donc intérêt à chercher un procédé expérimental qui permette de faire la mesure dès que la liaison de la pile et du câble est rompue.

Afin de se rapprocher des conditions réalisées pendant les transmissions, il est également très utile de réduire la durée de la charge.

L'auteur propose la méthode suivante :

Charger en même temps que le câble un condensateur C_1 de comparaison disposé en cascade. Le temps de charge est considérablement réduit.

Des formules

$$I = \frac{2C_1 E \pi^2}{C^2 R} \sum_0^{\infty} n^2 e^{-\frac{n^2 \pi^2 t}{CR}}$$

et

$$\frac{\int_0^t I dt}{CV} = 1 - 2 \sum_0^{\infty} e^{-\frac{n^2 \pi^2 t}{CR}},$$

où V représente le potentiel du câble et où l'on a donné à n la série des valeurs entières, on déduit le Tableau suivant où A' et B' sont les analogues des quantités A et B calculées précédemment :

$\frac{t}{CR}$	A'.	B'.
0,1.....	0,419	0,22
0,2.....	0,139	0,72
0,3.....	0,052	0,90
0,5.....	0,007	0,99

La charge est $\frac{1}{4}$ fois plus rapide, elle est complète à $\frac{1}{1000}$ près au bout de $0,8 CR$, c'est-à-dire au bout de 5 à 6 secondes dans les cas les plus défavorables.

A ce moment on a l'égalité

$$C_1(E - V) = CV.$$

Il suffit de supprimer la liaison du câble C et du condensateur C_1 et de relier ce dernier à la terre pour qu'il prenne instantanément un complément de charge

$$Q' = C_1 V$$

qu'on mesure au moyen d'un galvanomètre balistique.

On mesure de même la quantité $C_1 E = Q_1$.
On en déduit C par la formule simple

$$C = C_1 \frac{Q_1 - Q'}{Q'}$$

Les phénomènes d'absorption, les pertes légères dues à l'imperfection de l'isolement n'affectent pas la méthode.

En opérant successivement avec les pôles positif et négatif de la pile, on élimine très facilement les erreurs dues aux variations du potentiel du sol tout le long du câble.

Voici la série des résultats obtenus le 8 février dernier sur le câble de Brest à Dakar :

1120	microfarads.
1100	"
1116	"
1104	"
1100	"
1116	"

Les résultats sont assez concordants pour qu'on puisse admettre que la moyenne 1109 microfarads est exacte à 2 ou 3 microfarads près. La moyenne d'un plus grand nombre de mesures serait encore plus exacte.

La capacité déduite des mesures effectuées en usine sur les différentes sections est de 1050%. Les résultats obtenus tendent à confirmer cette hypothèse, qui n'a pas encore été nettement vérifiée, que les fortes pressions, atteignant 500^{at}, auxquelles le câble est soumis dans les grandes profondeurs, en diminuant l'épaisseur du diélectrique ont pour effet d'augmenter sa capacité.

Expériences de résonance avec les transformateurs Tesla, par le Dr HUGO MOSLER (*Elek. Zeitsc.*, t. XXV, p. 857, 29 septembre 1904). — Dans les expériences sur les courants à haute fréquence, faites avec la disposition de la figure 1, on remarque que c'est seulement pour des dimensions bien déterminées de la capacité C que se produit une vive décharge en aigrette aux pôles de la bobine secondaire,

Fig. 1.

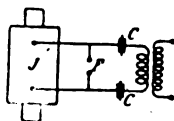
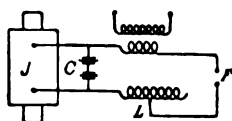


Fig. 2.

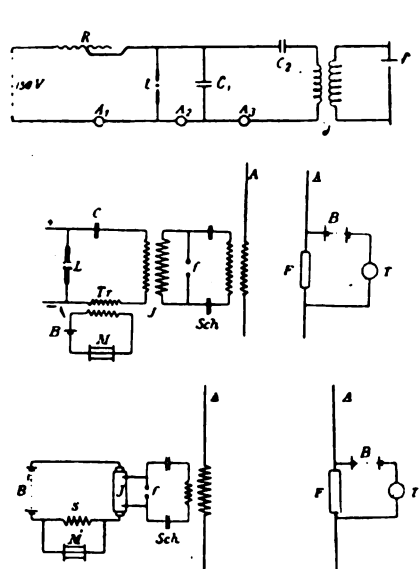


lorsque l'étincelle F est alimentée par la bobine d'induction J . Il y a alors résonance entre l'enroulement secondaire et le circuit vibratoire fermé des bouteilles de Leyde. Mais, avec la disposition indiquée, on a certaines difficultés à reconnaître par l'expérience la capacité pour laquelle la période du circuit fermé $T = 2\pi\sqrt{CL}$ est égale à celle de la bobine secondaire. L'auteur indique la disposition de la figure 2, comme étant beaucoup plus commode pour exécuter les différentes expériences sur les courants de Tesla : on choisit un condensateur C , dont la capacité n'est pas trop grande, ou 2 bouteilles placées en série, qu'on monte en dérivation aux bornes de la bobine J (fig. 2). A l'une des armatures du condensateur est reliée une self-induction variable L , qui consiste en un tambour de bois verni d'environ 0^m,30 de diamètre et 0^m,40 de long, sur lequel sont enroulées 20 spires de fil de cuivre de 2^{mm} de diamètre. L'arrivée du courant se fait par un balai avec bague collectrice, la sortie par un contact à roulement. On commence les expériences en intercalant d'abord toute la self-induction, puis on diminue progressivement, par la rotation du tambour, le coefficient L jusqu'à ce qu'un vif jaillissement d'étincelles se produise aux bornes secondaires du transformateur. Bien entendu, le nombre de spires du tambour intercalées dans le circuit dépend de la grandeur de la capacité choisie et

varie en proportion inverse de cette dernière. La disposition indiquée permet également de réaliser commodément les expériences de résonance du Dr Seibt, avec l'enroulement secondaire du transformateur [SEIBT, *Multiplicateur de télégraphie sans fil* (ETZ, 1901)]. Au lieu du couplage inductif du transformateur Tesla, on relie dans ce cas l'un des pôles seulement des spires secondaires avec le circuit fermé. La rotation du tambour fait varier la self-induction et par suite la période du circuit fermé jusqu'à ce que cette période soit égale à celle de la bobine; la résonance qui se produit alors se manifeste par un intense jaillissement d'étincelles au pôle libre de l'enroulement secondaire.

Transmission des sons au moyen des ondes électriques (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 1096, 22 décembre 1904). — M. Nussbaumer décrit, dans *Physikalische Zeitschrift*, des expériences faites pour transmettre sans conducteur le sifflement de l'arc lumineux ou des sons musicaux. — La figure 1 représente le montage employé

Fig. 1 à 3.

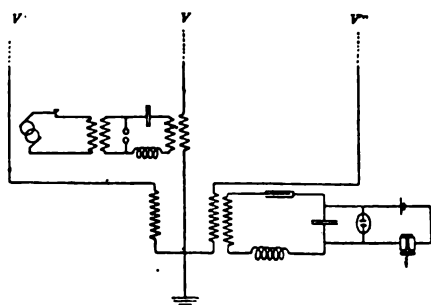


dans ce but. Le courant était fourni par un réseau à courant continu de 150 volts. Le courant de la lampe à arc L fut réglé à 2 ampères au moyen du rhéostat R . Le condensateur C_1 , en dérivation sur la lampe à arc, avait une capacité de 15 microfarads, et le condensateur C_2 , monté en série avec la bobine, était de 3 microfarads. Par cette disposition, on obtient en f un flux d'étincelles, long d'environ 2^{cm}, qui rendait exactement les mêmes sons que l'arc lumineux. — La transmission à de plus grandes distances des ondes sonores produites s'obtient en utilisant le montage ci-dessus à la charge d'un circuit oscillant électrique (antenne) et en reliant le récepteur à un téléphone. Pour transmettre de cette manière le chant ou la parole, on emploie le montage de la figure 2; les ondes sonores sont amenées au microphone M ; les oscillations de courant sont alors communiquées par le multiplicateur Tr à l'enroulement primaire de la bobine d'induction et le flux d'étincelles f reproduit les sons d'une façon très pure et très nette. — On peut encore obtenir le même résultat plus simplement en intercalant le microphone au lieu d'un interrupteur dans le circuit primaire de la bobine. Pour ménager le microphone, on peut également le mettre, d'après Ruhmer, en dérivation sur la bobine S (fig. 3).

J.-R.

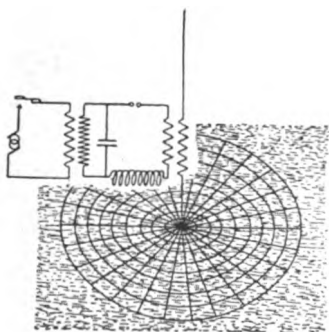
Dispositifs Stone pour la télégraphie sans fil (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 890, 13 octobre 1904. d'après *Electrical World and Engineer*). — Trois conducteurs verticaux étant disposés de telle façon que deux d'entre eux soient symétriques par rapport au troisième, si l'on produit dans ce fil intermédiaire des vibrations électriques, il se développe dans les deux autres conducteurs d'autres vibrations qui ont même amplitude et même phase sur les deux fils. Si l'on fait agir ces vibrations induites sur un appareil récepteur monté entre les deux conducteurs, l'action se réduit à zéro. Tel est le principe sur lequel repose un procédé indiqué par Stone pour l'envoi et la réception simultanés des signaux de télégraphie sans fil. Le montage est représenté schématiquement en figure 1. V' et V'' sont

Fig. 1.



les antennes réceptrices; dans leur plan équatorial se trouve l'antenne transmettrice V. Pour les oscillations émanant de celle-ci, c'est-à-dire de la station propre, le récepteur se montre insensible; au contraire, il répond à des transmetteurs qui ne sont pas dans ce plan, c'est-à-dire en général à toutes les autres stations dont la portée s'étend jusqu'au récepteur considéré. — Un moyen simple employé par Stone pour renforcer les vibrations transmises consiste à élever artificiellement la conductibilité de la terre dans le voisinage immédiat du pied de l'antenne. Dans ce but est étalé sur le sol un réseau de fil à grandes mailles, relié métalliquement à l'antenne (fig. 2). Le rayon du réseau doit être

Fig. 2.



au moins égal au quart d'une longueur d'onde. — Pour diminuer la longueur des antennes, Stone jonctionne une plaque métallique à la partie supérieure d'une antenne plus petite mise à la terre. La plaque est disposée parallèlement à la terre et sa circonférence doit être en rapport avec la distance au sol. Elle peut avoir une forme quelconque; il est pourtant préférable de lui donner la forme d'un cercle au centre duquel aboutit l'antenne.

Distribution et contrôle d'actions produites à distance par les ondes électriques, par E. BRANLY (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 777). — On a souvent songé à utiliser les ondes hertziennes pour la mise en mouvement à distance de mécanismes variés, par exemple à la commande de mécanismes assurant le déplacement et la direction de torpilles marines. M. Branly a imaginé dans ce but un dispositif et les essais de laboratoire auxquels il a été soumis ont donné toute satisfaction. Ce dispositif permet trois opérations, lesquelles sont : mise en marche d'un moteur électrique, allumage de lampes à incandescence, production d'une explosion; elles pourraient d'ailleurs être tout autres.

Chaque opération est commandée par un relais intercalé dans un circuit comprenant un interrupteur rotatif; celui-ci est constitué par un disque isolant sur le pourtour duquel est fixé un arc métallique de 90° d'ouverture relié à l'axe qui est métallique; deux balais frottent l'un sur l'axe, l'autre sur le pourtour du disque; lorsque le disque se trouve dans une position telle que ce dernier balai appuie sur l'arc métallique, le circuit de commande peut être fermé par le relais, lequel est actionné par un radio-conducteur relié à l'antenne de réception. Afin de pouvoir effectuer successivement (et dans un ordre absolument quelconque, comme nous le verrons) les trois opérations mentionnées, les trois disques correspondants sont montés sur un même axe que fait tourner un mouvement d'horlogerie; en outre les trois arcs sont disposés symétriquement de manière qu'un seul soit, à un instant quelconque, en contact avec le balai de pourtour correspondant. Comme ces arcs correspondent à des angles de 90°, trois intervalles de 30° chacun les séparent. Par conséquent, lorsqu'un train d'ondes est émis à la station de transmission, ces ondes provoqueront par le radioconducteur et le relais du poste récepteur la fermeture d'un seul des circuits de commande, ou ne produiront aucun effet si à l'instant où le relais fonctionne aucun balai n'appuie sur les arcs conducteurs.

Il faut donc que l'employé du poste transmetteur connaisse à chaque instant la position des disques du distributeur. Pour cela le poste récepteur renferme un appareil producteur d'ondes que le distributeur met un certain nombre de fois en communication avec l'antenne de ce poste pendant les intervalles de temps, correspondant à une rotation de 30°, qui séparent l'instant où un balai cesse d'être en contact avec un arc et l'instant où un deuxième balai vient en contact avec un autre secteur. Ces ondes sont reçues par l'antenne du poste transmetteur et agissent, par l'intermédiaire d'un radio-conducteur et d'un relais, sur un inscripteur Morse. Comme le nombre d'émissions n'est pas le même pour chacun des trois intervalles d'un tour entier du distributeur, l'employé du poste transmetteur n'a qu'à examiner la bande d'inscription qui se déroule sous ses yeux pour reconnaître la position du distributeur. Celui-ci faisant un tour en 36 secondes, chaque intervalle dure 3 secondes et l'employé dispose de 9 secondes pour l'envoi du signal qui doit commander telle ou telle opération. — Mais il est nécessaire que l'employé soit averti que l'opération commandée s'effectue réellement, en d'autres termes qu'il n'y a pas eu de raté. Pour cela un nouveau disque pour chaque opération est monté sur l'axe du distributeur; ce disque porte une dent placée dans un des intervalles de 30° dont il a été question plus haut. Tant que l'opération commandée s'effectue, c'est cette dent qui met en communication l'appareil producteur d'ondes avec l'antenne du poste récepteur; il en résulte l'inscription sur la bande de l'appareil du poste transmetteur d'un signal spécial. — Ajoutons que les radio-conducteurs de chaque poste (trépieds Branly) sont protégés par des cages métalliques contre les effets des étincelles des appareils producteurs d'ondes que renferment ces postes.

ÉCLAIRAGE.

Essais comparatifs sur les lampes de 110 volts et 220 volts, par LAURIOL et P. JANET (Communications présentées à la séance du 5 avril 1905 de la Société internationale des Électriciens). — 1° M. Lauriol donne le résumé des essais faits à l'usine municipale des Halles, à la demande de la sous-commission chargée de l'étude du régime futur de l'électricité à Paris. — On a pris chez différents fabricants des lampes de diverses intensités nominales et étiquetées pour la tension de 110 ou de 220 volts. Les lampes étant groupées par séries de 15 provenant d'un même fabricant et ayant même intensité et même tension nominales, on a fait un premier essai photométrique pour ne conserver dans chaque série que 10 lampes aussi semblables que possible.

Ces lampes ont été maintenues sur accumulateurs de façon à obtenir une tension constante de 110 ou 220 volts. L'essai a duré 200 heures, et les lampes ont été photométrées au début puis toutes les 50 heures dans une direction perpendiculaire à l'axe de l'ampoule correspondant au maximum d'intensité lumineuse. En outre, pour permettre de passer des intensités lumineuses maxima aux intensités moyennes sphériques, on a photométré, à l'aide du lumenmètre sphérique Blondel, une lampe de chaque série. — En ce qui concerne le rendement moyen en lumens par watt pendant toute la durée des essais, on trouve des chiffres très variables et dont on ne peut tirer de loi bien nette. On constate notamment que les lampes de 5 bougies 110 volts ne donnent pas les mêmes résultats que les lampes de 10 bougies 220 volts, contrairement à ce qu'on serait en droit d'attendre. D'une façon générale, la lampe de 220 volts donne un rendement de 20 pour 100 inférieur à la lampe de 110 volts; la lampe de 220 volts est en outre inférieure à celle de 110 volts comme homogénéité. — On remarque de très grosses différences entre l'intensité lumineuse vraie et celle indiquée sur l'étiquette. C'est ainsi que le rapport entre l'intensité indiquée et l'intensité moyenne sphérique varie de 1 à 2. — En calculant la décroissance relative de l'intensité lumineuse entre le début et la fin de l'expérience par $\frac{M_1 - M_2}{M_1 + M_2}$, M_1 et M_2 étant les moyennes des mesures faites

au début et après 200 heures, on trouve également une infériorité des lampes à 220 volts.

M. Lauriol ajoute qu'il est vraisemblable que l'infériorité des lampes à 220 volts s'accroîtrait encore si, au lieu d'une tension constante, on employait une tension un peu variable comme cela se produit en pratique.

2° M. Janet expose les essais comparatifs exécutés par le Laboratoire central d'électricité et sur lesquels il a été déjà dit quelques mots dans cette *Revue* (t. III, 28 février 1905, p. 118). Le Laboratoire a choisi pour ses essais 6 types de lampes, d'intensité lumineuse 5, 10 et 16 bougies, et de tension 110 et 220 volts. Ces lampes provenaient de cinq constructeurs différents. Comme il y avait 10 lampes de chaque type, les essais devaient donc porter sur 300 lampes. En réalité, 260 lampes seulement ont été essayées, certains constructeurs n'ayant pu fournir tous les types. Il est bon de remarquer que trois constructeurs sur les cinq ont connu la destination de leurs lampes et ont pu, par conséquent, les choisir. Les prix de ces lampes sont assez variables; ils oscillent entre 0^r,40 et 0^r,60 pour les lampes de 16 bougies 110 volts, et entre 0^r,75 et 1^r pour les lampes de 16 bougies 220 volts. Il y avait ici des filaments très divers: en boucle, en hélice, en U; des filaments simples et des filaments doubles. Pour les essais, chaque lot de 10 lampes a été partagé en deux groupes de 5 lampes, l'un destiné à être mis en service sous une tension continue de 110 ou 220 volts fournie par une dynamo dont la tension était réglée aussi

exactement que possible, l'autre destiné à être mis en service directement sur le secteur à courant alternatif dont la tension était de 113 ou de 226 volts, avec des variations maxima de 6 pour 100 en plus et de 4 pour 100 en moins. — Dans tous les cas toutes les mesures photométriques ont été faites sous la tension 110 ou 220 volts en courant continu. On mesurait l'intensité lumineuse horizontale maximum. Le flux lumineux total étant égal à 4π fois l'intensité lumineuse moyenne, il ne sera égal qu'à k fois l'intensité maximum mesurée ici, le coefficient k étant inférieur à 4π . M. Laporte a trouvé pour la valeur moyenne de ce coefficient $k_{\text{moy}} = 9,4$ pour toutes les lampes essayées et comme limites extrêmes 8,2 et 10,9. — Au début, les lampes livrées par les constructeurs non avertis n'étaient pas uniformes; celles des autres constructeurs étaient, au contraire, assez semblables.

Toutes les lampes n'ont pas atteint les 200 heures consécutives prévues. Si aucune d'elles n'avait brûlé avant ce temps, chaque groupe aurait dû fournir 5.200 = 1000 lampes-heures. En réalité on a obtenu un nombre n de lampes-

heures et le coefficient $\frac{n}{1000}$ caractérise la durée. En prenant la moyenne de toutes les lampes ce coefficient a atteint la valeur 0,876 pour les lampes à 220 volts et 0,985 pour celles de 110 volts. Pour les premières, 25 lampes sur 120, soit 20,8 pour 100, n'ont pas duré les 200 heures, tandis que 5 lampes à 110 volts sur 140 lampes, soit 3,6 pour 100 seulement, n'ont pas atteint cette durée. Parmi les lampes de 5 bougies 220 volts, d'une consommation moyenne de 3,93 watts par bougie au début, 8 sur 10 ont brûlé avant les 200 heures. — Sur le courant continu constant, le nombre total de lampes-heures a atteint 24329. Avec le courant alternatif variable, on a obtenu 24224 lampes-heures. Si l'on tient compte de ce fait que la tension dans ce dernier cas était assez variable, on est en droit de conclure que les lampes paraissent se comporter mieux avec le courant alternatif. — Entre le commencement et la fin des essais, la variation en pour 100 de l'intensité lumineuse, de la puissance dépensée et de la consommation spécifique est représentée dans le Tableau suivant :

	Tension 110 volts.		Tension 220 volts.	
	Courant continu.	Courant alternatif.	Courant continu.	Courant alternatif.
Intensité lumineuse.	-5,7	-10,8	-12,6	-20,5
Puissance dépensée.	-1,6	-2,3	-1,1	-2,7
Consommation spécifique	+6,3	+10,3	+15,7	+13,2

Le signe — indique qu'il y a eu une diminution et le signe + une augmentation. On en conclut que la tension 110 volts est la plus avantageuse. En résumé, les lampes de 110 volts ont une consommation spécifique moyenne de 3,62 watts par bougie au début et de 3,87 watts par bougie à la fin, soit une augmentation de 7 pour 100. Les lampes de 220 volts consomment 4,40 watts par bougie au début et 5,19 watts par bougie à la fin, soit une augmentation de 18 pour 100. Au début les lampes de 220 volts consomment 22 pour 100 de plus; à la fin, 34 pour 100 de plus que les lampes de 110 volts.

BREVETS RÉCENTS.

Divers : BRANDT. BP. 24369, 1904 (éclairage de théâtres). — CLEGG. USAP. 780023, 20 avril 1901 (annonce lumineuse). — HEWITT. BP. 24470, 1904 (éclairage électrique). — LAKE. BP. 25112, 1904 (éclairage électrique). — LINDALL. USAP. 783876, 17 oct. 1904 (système d'éclairage). — MEAD. BP. 15691, 1904 (annonce par lampe à arc). — PALMER. USAP. 780222, 1^{er} juin 1903 (système d'éclairage). — RICHARDS et TURBAYNE. USAP. 781071, 9 avril 1904 (éclairage des tramways). — STUMM. USAP. 778916, 1^{er} juillet 1904 (enseigne lumineuse).

MESURES ET ESSAIS.

Installation d'un laboratoire pour les essais commerciaux, par le Dr CLAYTON H. SHARP. Rapport présenté au Congrès international électrique de Saint-Louis.

Un laboratoire d'essais commerciaux doit permettre de faire des mesures aussi précises que possible, mais avec le minimum de frais. La précision cherchée ne doit pas être la limite de ce qu'il est possible d'atteindre, mais elle doit dépasser celle qu'exigent les travaux industriels courants.

Pour obtenir de l'exactitude, tout en réduisant les dépenses, il faut disposer d'un grand nombre d'appareils à lecture directe, très exacts, que l'on contrôle fréquemment avec les étalons proprement dits.

Afin d'éviter les pertes de temps, les appareils, pour chaque essai, doivent être installés en permanence ou, tout au moins, leur place doit être préparée ⁽¹⁾. En opérant ainsi, l'essai peut être fait par un aide, ce qui réduit la dépense.

Pour distribuer le courant aux différents appareils, l'auteur recommande l'usage d'un tableau de connexions avec des cordons souples terminés par des fiches qui permettent de nombreuses combinaisons entre les différents circuits ⁽²⁾.

Une canalisation d'air comprimé est utile pour certains essais; on peut se servir utilement de cet air pour le nettoyage des tables et des instruments.

Pour régler la température, l'installation réfrigérante, combinée avec un système de chauffage, électrique de préférence, permet d'obtenir une température très stable.

Le courant continu est fourni par des dynamos et des accumulateurs ⁽³⁾.

Pour le courant alternatif, il est commode d'avoir sur le tableau des conducteurs fournissant du cou-

⁽¹⁾ Le choix de l'emplacement est important; il faut éviter les vibrations et l'influence des perturbations magnétiques. L'emploi des suspensions antivibratrices est une source d'ennuis; on ne doit y avoir recours qu'à défaut d'emplacements sans vibrations. L'emploi des galvanomètres Deprez-d'Arsonval évite les perturbations dues aux variations du champ magnétique.

⁽²⁾ Il faut prendre de grandes précautions pour assurer l'isolement; les conducteurs doivent être fortement recouverts de caoutchouc. Le plancher lui-même doit être isolant ou recouvert d'un isolant; le linoléum convient bien pour cette application. Pour les pays humides, New-York par exemple, on obtient de bons résultats par l'emploi d'une canalisation dans laquelle circule un courant d'une solution réfrigérante; la vapeur de l'atmosphère se condense sur les conduites et l'air se trouve ainsi séché.

⁽³⁾ L'auteur recommande de préférence les dynamos à cinq fils qui fournissent une échelle de voltages plus étendue. Il faut une batterie d'un grand nombre de petits accumulateurs pour les essais de voltmètres et de wattmètres et une ou plusieurs autres, d'un nombre restreint de grands accu-

mulateurs, afin de fournir les grandes intensités et pour servir aux essais qui exigent plus de puissance; dans ce dernier cas, cependant, il est préférable d'employer le courant d'une dynamo munie d'un bon régulateur de vitesse.

Les étalons les plus importants sont ceux de force électromotrice et de résistance. Pour les forces électromotrices, les étalons Weston, au cadmium, sont les meilleurs à l'heure actuelle. Il est bon d'avoir quelques étalons Clark pour comparer aux Weston, le rapport de ces deux étalons étant bien connu.

Les étalons de résistances seront construits en fils ou en lames de manganin; ils pourront être plongés dans l'huile. Il est utile d'avoir une série complète d'étalons de résistances depuis 0,0001 ohm jusqu'à 100 000 ohms, ceux de faible résistance devant supporter de grandes intensités.

Pour la vérification précise des intensités, l'auteur préconise l'installation de cuves électrolytiques.

Pour les mesures photométriques, les étalons principaux seront la lampe Hefner à l'acétate d'amyle et la lampe Harcourt au pentane. On aura rarement besoin de recourir à ces étalons si l'on a soin d'étalonner soigneusement une série de lampes à incandescence, de voltages variés; les dernières servent ensuite à en étalonner d'autres d'usage plus courant.

La mesure exacte des forces électromotrices continues doit toujours être faite au potentiomètre. Pour les mesures courantes et l'étalonnage des voltmètres ordinaires, on fera usage de voltmètres de précision à cadre mobile.

Pour les courants alternatifs, le mieux est d'employer un voltmètre électrodynamique, comme ceux de Weston; mais, afin d'éliminer les erreurs causées par la self-induction, on déterminera la correction à faire subir aux lectures en comparant, à diverses fréquences, l'électrodynamomètre avec un voltmètre électrostatique.

La mesure des intensités peut être faite très exactement en mesurant, avec un millivoltmètre de précision, la chute de potentiel aux bornes d'un shunt en manganin bien vérifié. Les électrodynamomètres balances de Kelvin peuvent remplacer le millivoltmètre et le shunt, mais ils sont inférieurs, comme précision, à l'emploi du potentiomètre sur le shunt.

mulateurs, afin de fournir les grandes intensités et pour servir aux essais qui exigent plus de puissance; dans ce dernier cas, cependant, il est préférable d'employer le courant d'une dynamo munie d'un bon régulateur de vitesse.

⁽¹⁾ Une bonne disposition consiste à coupler d'une manière rigide deux alternateurs identiques. Pour les essais de wattmètres, le courant d'un des alternateurs, transformé à un faible voltage, traverse le circuit *ampères* et le courant de l'autre, élevé par un second transformateur, s'il y a lieu, traverse le circuit *volts*. En décalant mécaniquement les deux alternateurs, l'un par rapport à l'autre, on obtient toutes les valeurs de $\cos \varphi$.

La mesure des intensités en courant alternatif exige l'emploi des électrodynamomètres; ces instruments ont besoin d'être fréquemment réétalonnés. Des électrodynamomètres sensibles, à miroir, peuvent servir comme millivoltmètres et mesurer la chute de potentiel sur des shunts (¹).

Les wattmètres employés pour la mesure des puissances en courant alternatif doivent avoir un coefficient de self-induction très faible, ne pas renfermer de masses métalliques importantes et être, autant que possible, astatiques. L'auteur cite comme convenables les wattmètres de Duddell-Mather, Weston, Siemens, Hartmann et Kelvin.

Les mesures de résistances ordinaires se font presque toujours avec une boîte disposée en pont de Wheatstone. En intercalant, dans le circuit de la pile et dans celui du galvanomètre, un commutateur tournant, dans le genre du secohmmètre d'Ayrton, on obtient une installation qui se prête à la mesure des résistances, des capacités et des coefficients d'induction.

Pour les faibles résistances, le pont double de Kelvin est ce qu'il y a de plus commode.

La mesure des très grandes résistances se fait par la méthode de la déviation; un galvanomètre Deprez-d'Arsonval très sensible suffit en général, on est rarement obligé de recourir au galvanomètre astatique de Thomson.

Pour les essais à haute tension, il faut faire usage d'un transformateur isolé à l'huile et ayant une grande puissance. Un modèle construit par la General Electric Cy donne, selon le groupement, 30, 60, 90 ou 120 kilovolts, avec une puissance de 10 kilowatts.

Afin d'obtenir de hautes tensions continues, on fera usage d'une série de petites dynamos, très bien isolées, ou d'une machine genre Thury.

La mesure des hauts potentiels se fera, soit avec une balance électrostatique de Kelvin, soit avec un voltmètre électrostatique connecté avec des condensateurs en série.

Tous les appareils à haute tension doivent être installés en vue de la sécurité des observateurs; il ne doit pas être possible d'y toucher quand ils sont sur la haute tension.

Les oscillographes sont indispensables pour l'observation des phénomènes instantanés. A défaut d'oscillographes, on peut faire usage de traceurs de courbes dans le genre des ondographes.

(¹) On devra compléter les instruments de mesure des courants par de nombreux ampèremètres ordinaires pour alternatif, soit à fil chaud, soit à fer doux. Enfin, pour l'étalonnage de ces instruments, on se servira avantageusement d'un tableau de lampes à incandescence disposé de façon à faire varier facilement l'intensité.

L'essai magnétique du fer par la méthode de l'anneau donne les résultats les plus exacts (¹).

L'installation photométrique varie avec la nature des essais à faire. Un banc du modèle du Reichanstalt, avec ses accessoires : écran Lummer, supports tournants pour lampes, voltmètres de précision, etc., permettra de faire des mesures très précises. Les mesures courantes devront être faites avec des photomètres plus simples, permettant une mesure plus rapide; l'auteur recommande l'emploi de l'écran Leeson, comme égal au Lummer et plus commode à l'usage.

Pour l'intensité moyenne sphérique, les appareils du professeur Matthews sont très recommandables.

Enfin le laboratoire devra être muni d'un certain nombre de boîtes de résistances, de conducteurs, de voltmètres et ampèremètres à lecture directe, de chronomètres, compteurs et autres appareils dont le nombre et la variété dépendent des conditions spéciales où l'on se trouve.

Le résumé sommaire des dix-huit pages de ce rapport montre bien que son auteur est un homme très exercé et il n'y a guère à redire au choix des appareils qu'il indique; nous ferons remarquer seulement qu'aux instruments américains et anglais indiqués on pourra presque toujours substituer des instruments français équivalents; la tendance à signaler de préférence les instruments que l'on a sous la main est d'ailleurs toute naturelle.

Nous devons faire une réserve au sujet de la mesure des intensités par l'électrolyse. Cette méthode est évidemment très précise, car on connaît aujourd'hui assez exactement les équivalents électrochimiques, mais elle a le défaut très grave d'exiger de minutieuses précautions, faute desquelles la précision devient très faible. Il existe des électrodynamomètres balances susceptibles de fournir plus facilement une exactitude au moins égale à celle de cette méthode.

H. A.

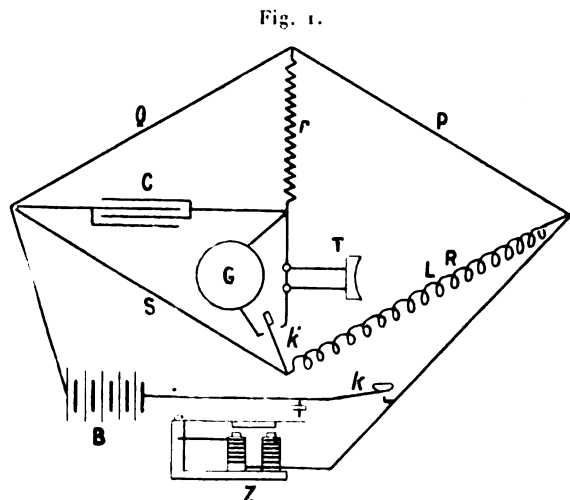
Mesures des self-inductions et capacités de faible valeur : étalon de self-induction, par J.-A. FLEMING (*Phil. Mag.*, 6^e série, t. VII, p. 586-595, 1904).

La méthode employée est analogue en principe à celle d'Anderson : le dispositif est une modification du réseau de Wheatstone, dont les connexions sont représentées sur la figure 1. A la place du commu-

(¹) Lorsqu'on est obligé d'employer des barreaux droits, le perméamètre Picou évite les erreurs dues aux joints. L'appareil de Köpsel est à lecture directe, il donne immédiatement la valeur de l'induction dans l'échantillon étudié et il peut servir à tracer la courbe complète du cycle, mais il est nécessaire de faire une correction spéciale pour chaque échantillon en déterminant, par une expérience au magnétomètre, la réluctance du joint.

tateur tournant et du galvanomètre, on fait usage d'un trembleur ordinaire et d'un téléphone.

Soient L la self-induction de la bobine étudiée, R sa résistance, C la capacité du condensateur, S et



Q les résistances des branches adjacentes, r la résistance variable mise en série avec le téléphone. On règle la valeur de r de manière que le téléphone reste silencieux et L est donné par la formule

$$L = C[r(R + S) + RQ].$$

Cette méthode permet de mesurer à 1 pour 100 près la self-induction des bobines dont la longueur atteint cinquante fois le diamètre.

L'auteur a trouvé que, pour de telles bobines, la self-induction d'une bobine peut être calculée par la formule

$$L = \pi^2 D^2 n^2 l = (\pi D n)(\pi D N),$$

en appelant D le diamètre moyen d'une spire, N le nombre total des spires, l la longueur totale de la bobine, n le nombre de spires par unité de longueur.

Sous la seconde forme, on voit que la self-induction est égale au produit de la longueur totale du fil ($\pi D N$) par la longueur de fil enroulée sur l'unité de longueur de la bobine ($\pi D n$).

Si la longueur de la bobine n'est qu'une dizaine de fois le diamètre, la formule donne des nombres trop faibles de 6 à 7 pour 100 par rapport aux nombres observés ⁽¹⁾.

M. L.

(1) Pour obtenir une self-induction de faible valeur variable à volonté, l'auteur enroule un fil de cuivre dans une hélice tracée sur un noyau de bois : un contact mobile est porté par un curseur qui se déplace le long d'une barre parallèle à l'axe du cylindre, ce qui permet d'introduire dans

Sur l'expression de la sensibilité des galvanomètres (*Physikalische Zeitschrift*, t. VI, p. 43, 15 janvier).

— La sensibilité d'un galvanomètre s'exprime ordinairement par la fraction d'ampère ou de coulomb produisant une déviation d'une division sur une échelle placée à une distance donnée et pour une résistance donnée du circuit galvanométrique. Ce procédé présente l'inconvénient que le nombre exprimant la sensibilité est d'autant plus petit que la sensibilité est plus grande. Il y a quelques années Du Bois et Rubens (*Ann. der Phys.*, (4), t. II, p. 84-95, 1900), reprenant d'anciennes propositions de Ayrton, Mather, Sumpner (*Phil. Mag.*, (5), t. XXX, p. 58, 1890 et t. XLVI, p. 350, 1898), indiquaient une définition de la sensibilité n'ayant pas cet inconvénient. L'auteur de la Note qui nous occupe, M. Iké, rappelle cette définition qu'il formule comme suit : La sensibilité est donnée par la déviation permanente produite par un microampère et exprimée en divisions d'une échelle placée à une distance de 1000 divisions, la période complète d'oscillation étant de 10 secondes; la sensibilité balistique est la déviation produite par un microcoulomb et exprimée en divisions d'une échelle placée à une distance de 1000 divisions, la période complète étant de 10 secondes. La résistance R du galvanomètre se trouve en outre éliminée en rapportant la sensibilité à celle d'un galvanomètre de 1 ohm, c'est-à-dire en prenant le quotient par $\sqrt{R}$ de la sensibilité précédemment définie. Ce qu'on appelle actuellement la sensibilité serait alors appelé constante ou facteur d'échelle de l'instrument.

BREVETS RÉCENTS.

Compteurs : BIERMANN. BP. 28123, 1904. — COMPAGNIE POUR LA FABRICATION DES COMPTEURS ET MATÉRIEL D'USINES A GAZ. DRP. 159026, 18 oct. 1903. — DARLINGTON. USAP. 784387, 13 oct. 1904. — FULLER. USAP. 782386, 20 mai 1904 (dispositif pour déceler les fraudes dans les compteurs). — HALSEY. USAP. 781945, 13 mars 1902. — HARRISON. USAP. 783268, 17 août 1904. — HARTMANN et BRAUN. DRP. 158985, 17 juin 1904 (bobine pour compteur). — HOLDEN. USAP. 782030, 23 sept. 1903. — SCHIERSTEINER-METALLWERKE. DRP. 159395, 9 juil. 1904 (compensation du frottement dans les compteurs-moteurs).

Appareils divers : ALLGEMEINE ELECTRICITAETS GESELLSCHAFT. DRP. 159241, 5 août 1903 (instrument de mesure calorifique). — BRISTOL. BP. 23797, 1904 (instrument de mesure). — CHITTY. DRP. 159241, 8 oct. 1903 (pont magnétique). — GRUBBY. BP. 6067, 1904 (compas magnétique). — KITSEE. USAP. 783696, 5 juin 1904 (indicateur de pertes à la terre). — PRICE. USAP. 783733, 24 fév. 1903 (galvanomètre). — RICHARD. BP. 28962, 1904 (galvanomètre). — WILSON. BP. 5892, 1904 (wattmètre).

le circuit un nombre variable de spires. On achève le réglage en faisant tourner le cylindre autour de son axe.

(Dimensions : longueur du noyau, 45 cm; diamètre, 10 cm; nombre de spires par centimètre, 2,36; self-induction totale, 2,27 10⁵ cm).

Pour de très faibles inductions, il est commode d'employer comme étalon variable deux fils parallèles tendus, sur lesquels on fait glisser un pont; si d est le diamètre des fils, D leur écartement, l la longueur comprise entre leur extrémité et le pont

$$L = 2l \left(4,606 \log_{10} \frac{2D}{d} + \frac{1}{2} \right) \text{ cm.}$$

Par comparaison avec ces étalons, la méthode permet de mesurer aussi les petites capacités, de l'ordre de 0,001 microfarad.

DIVERS.

Influence des champs électrique et magnétique sur la viscosité des liquides. D'après divers travaux récents.

L'influence d'un champ électrique sur la viscosité d'un liquide isolant et l'influence d'un champ magnétique sur celle d'un liquide magnétique semblent probables. De nombreuses recherches ont été faites à ce sujet et les conclusions, mêmes les plus récentes, sont assez contradictoires pour qu'il soit nécessaire d'examiner les différents résultats obtenus. C'est ce que nous allons faire dans cette revue.

Rappelons d'abord que presque toutes les mesures effectuées sur les coefficients de frottement interne des liquides se rattachent à deux méthodes : 1° La méthode de Poiseuille, dans laquelle on détermine la vitesse d'écoulement du liquide dans un tube étroit; 2° la méthode de Coulomb qui consiste à étudier l'amortissement des oscillations d'un disque horizontal immergé dans le liquide et oscillant autour de son axe.

Kœnig ⁽¹⁾, comme Grottrian, a observé que la méthode des disques oscillants donne des valeurs du coefficient de frottement interne plus fortes que celle de Poiseuille. La différence constatée est d'autant plus grande que le coefficient à mesurer est lui-même plus grand.

I. Occupons-nous en premier lieu de l'influence du champ magnétique. La méthode employée est celle de Poiseuille. On fait écouler le liquide dans un tube capillaire placé dans le champ d'un électro-aimant et l'on cherche si la vitesse d'écoulement varie lorsque l'on excite le champ.

Kœnig ⁽²⁾ opérant avec le sulfate de manganèse avait obtenu un résultat négatif.

M. Carpinì ⁽³⁾ a repris les expériences, avec un champ de 6000 à 8000 unités, pour le chlorure ferrique et les sulfates de manganèse, fer et nickel et le fer dialysé. Il a observé une augmentation de la durée d'écoulement d'une quantité déterminée de liquide de 0,5 à 4 pour 1000 et il attribue cette variation aux courants de Foucault. Comme vérification il opère avec une solution non magnétique, solution de nitrate de potassium ayant même conductibilité que la solution de sulfate de manganèse.

	Densité.	Durée de passage.		Différence.
		Sans le champ.	Avec le champ.	
Sulfate de manganèse...	1,250	19,55	19,56,2	1,5
Nitrate de potassium...	"	10,34,5	10,37	2,5
Fer dialysé.....	1,031	18,29	18,28,4	-0,6

L'augmentation, dit M. Carpinì, est presque la même pour les deux premières solutions, quoique la perméabilité soit très différente; en outre, la variation observée avec le fer dialysé, qui est assez mauvais conducteur, est très faible; il est donc probable que l'augmentation de temps constatée est due aux courants de Foucault et que le frottement interne des liquides magnétiques est indépendant du champ magnétique.

Cette conclusion semble bien peu rigoureusement établie;

⁽¹⁾ KœNIG, *Wied. Ann.*, t. XXV, 1885, p. 618.

⁽²⁾ KœNIG, *loc. cit.*, p. 623.

⁽³⁾ CARPINI, *Rend. dei Lincei*, t. XII, 3 mai 1903, p. 341.

en effet, le nombre des expériences citées est très restreint et l'on serait plutôt en droit de conclure des chiffres précédents que le champ magnétique occasionne une diminution de frottement interne, comme il est visible avec le fer dialysé, mais que cette diminution est masquée par l'augmentation due aux courants de Foucault; l'augmentation observée avec le nitrate de potassium et qui semble due à l'effet Foucault seul, est en effet de 4 pour 1000, tandis qu'avec le sulfate de manganèse elle n'est que de 1,25 quand l'effet Foucault et l'action du champ sont superposés.

II. Les recherches faites pour déterminer l'action d'un champ électrique sur un liquide isolant sont plus nombreuses. Les expériences exécutées suivant la méthode de Poiseuille ont conduit Kœnig ⁽¹⁾ et plus récemment Pacher et Finazzi ⁽²⁾ à conclure que cette influence n'existe pas.

Tout au contraire, les expérimentateurs qui ont employé d'autres méthodes, Duff ⁽³⁾, Quincke ⁽⁴⁾, Pochettino ⁽⁵⁾, ont constaté une action du champ électrique variable d'un diélectrique à l'autre.

M. Pochettino, faisant allusion aux difficultés rencontrées par M. Bouty ⁽⁶⁾ dans ses expériences sur la cohésion diélectrique des gaz pour faire agir un champ électrostatique sur un gaz renfermé dans un récipient de verre, met en doute l'existence du champ dans les expériences exécutées par la méthode de Poiseuille.

La méthode de Duff ⁽³⁾ consiste à mesurer le temps qu'une petite boule de verre ou de plomb ou une goutte de mercure met à tomber d'une certaine hauteur à l'intérieur du liquide en expérience. Il est à craindre que, sous l'influence du champ, les boules ne tombent pas verticalement par suite de quelque dissymétrie ou de traces de conductibilité du liquide produisant des rotations susceptibles d'occasionner des erreurs notables.

Néanmoins, il faut retenir que l'influence du champ n'est pas toujours de même signe; ainsi il produit une augmentation de viscosité pour l'huile de castor et une diminution pour l'huile pesante de paraffine.

Quincke ⁽⁴⁾ a mesuré l'amortissement des oscillations d'une balance équilibrée, qui porte à l'une des extrémités du fléau, par un fil de soie, une sphère isolante (verre, quartz, etc.), immergée entre les deux plateaux d'un condensateur dans le liquide à étudier. La période des oscillations effectuées perpendiculairement ou parallèlement aux lignes de force n'est pas altérée, mais l'amortissement est augmenté, d'autant plus que la différence de potentiel agissant et la constante diélectrique du liquide sont plus grandes. Quincke mesure l'augmentation de viscosité du liquide, qu'il appelle *viscosité électrique*, par la différence des décrets logarithmiques des amplitudes des oscillations.

La viscosité électrique perpendiculairement aux lignes de force est sensiblement proportionnelle à $\frac{KP}{a}$ (K constante diélectrique, P différence de potentiel, a distance des armatures). Parallèlement aux lignes de force elle est de 1,5 à 6 fois moindre.

On observe aussi une augmentation apparente très sensible du poids de la sphère dans le champ. L'auteur l'attribue aux mouvements tourbillonnaires du liquide provoqués par la

⁽¹⁾ KœNIG, *loc. cit.*, p. 623.

⁽²⁾ PACHER et FINAZZI, *Atti. R. Isl. Ven.*, t. LXIX, février 1900, p. 389.

⁽³⁾ DUFF, *The Phys. Review.*, 1896, p. 23.

⁽⁴⁾ QUINCKE, *Wied. Ann.*, t. LXII, 1897, p. 1.

⁽⁵⁾ POCCHETTINO, *Rend. dei Lincei*, t. XII, 8 nov. 1903, p. 362.

⁽⁶⁾ BOUTY, *Journal de Physique*, 1903.

force électrique et les courants de convection; ces mouvements d'ailleurs influeraient aussi sur l'amortissement en l'augmentant.

Les dernières recherches se rattachent à la méthode de Coulomb ou plutôt à une modification de cette méthode indiquée par E. Meyer ⁽¹⁾ et qui consiste à remplacer le disque oscillant dans le liquide par un cylindre plat oscillant et renfermant le liquide.

L'appareil employé par M. Ercolini ⁽²⁾ consiste en un condensateur à cylindres concentriques verticaux suspendus à un fil de torsion, et comprenant entre eux le diélectrique liquide à étudier. Si l'on établit une certaine différence de potentiel entre les armatures, et que le frottement interne du diélectrique soit modifié, il en résultera une variation de l'inertie du système et par suite de l'amplitude des oscillations.

La disposition expérimentale adoptée par M. Ercolini lui donnait seulement une sensibilité de 1 pour 100 dans le cas du pétrole, de la benzine et de l'essence de térébenthine, et de 10 pour 100 avec l'huile d'olive et l'huile de vaseline. La différence de potentiel alternative employée était de 9000 volts. Il n'a pas observé dans ces conditions de différence systématique entre les oscillations du condensateur chargé ou non.

M. Pochettino arrive à une conclusion contraire et la disposition expérimentale qu'il indique donne beaucoup de poids aux résultats qu'il a obtenus ⁽³⁾.

Le liquide est contenu dans un condensateur cylindrique constitué par deux disques métalliques séparés par un anneau d'ébonite. Le système soutenu par une suspension bifilaire peut osciller autour de l'axe vertical du cylindre. Au plateau inférieur est fixée une fine tige plongeant dans un récipient isolé rempli d'eau salée. Les connexions du condensateur sont faites par la suspension bifilaire au sol et par le liquide; ce dernier est en communication, par la boule de l'armature interne d'une bouteille de Leyde dont l'armature externe est au sol, avec le plateau isolé d'un support Mascart, au-dessus et à peu de distance duquel se trouve une pointe reliée à l'un des pôles d'une bobine de Ruhmkorff dont l'autre est au sol.

La méthode consiste à mesurer le décrement logarithmique des oscillations du cylindre. La différence de potentiel employée était de 15000 volts. L'auteur a constaté une augmentation de viscosité par l'effet du champ de 1,5 pour 100 pour le benzol, 4 pour 100 pour le xylol et 1 pour 100 pour le pétrole. Il n'a pu employer le chloroforme qui attaque l'ébonite ni les huiles à cause de leur trop grande viscosité.

On peut conclure des différents travaux que nous venons de rappeler que l'action du champ électrique sur les liquides isolants existe, mais il conviendrait de reprendre les recherches avec des champs plus intenses et notamment avec un champ constant. Les différents Mémoires publiés ne sont que des études partielles du sujet, et il serait à souhaiter que l'on en entreprit une étude complète.

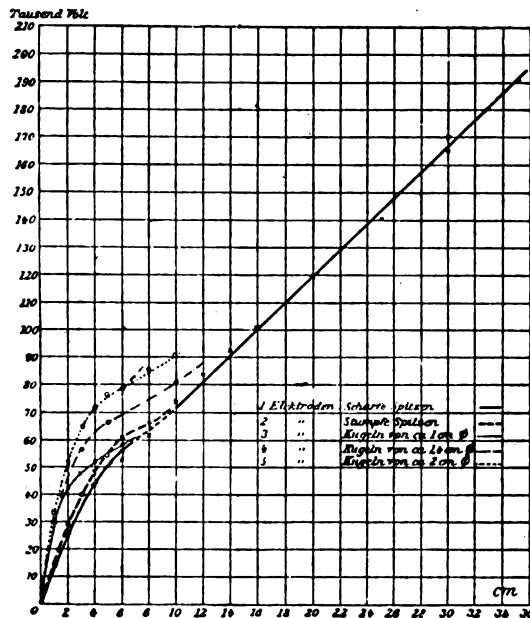
Quant à l'action du champ magnétique sur les liquides magnétiques, son étude n'est pour ainsi dire pas commencée.

G. GOISOT.

Sur la relation entre la distance explosive et la tension par W. VEGE (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 1033, 8 déc. 1904 et p. 1066, 15 déc. 1904). — Dans un Mémoire l'auteur étudie la décharge dans l'air à la pression atmosphérique, entre des électrodes de diverses formes. Les tensions indiquées par la figure 1 sont exprimées en kilovolts (Tausend-Volt) et les distances explosibles en

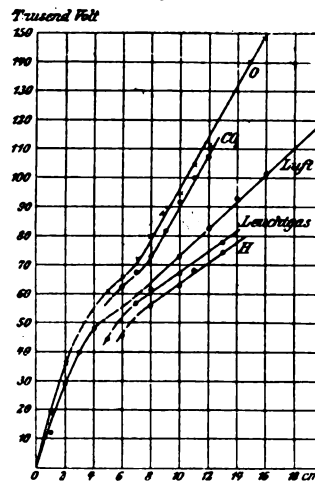
centimètres. Les résultats montrés par la courbe 1 sont relatifs à des électrodes à pointes aiguës, ceux de la courbe 2 à des pointes mousses et les suivantes à des boules de 1^{re}, 1^{re},4 et 2^{de} de diamètre. Le courant était fourni par deux

Fig. 1.



bobines d'induction de 50^{cm} d'étincelles, fonctionnant comme transformateurs et alimentées par le courant alternatif

Fig. 2.



d'une commutatrice. Le potentiel explosif était obtenu en multipliant la différence de potentiel aux bornes du primaire par le coefficient de transformation des bobines et par le facteur de forme relatif au courant employé. Ce dernier facteur était donné par l'observation oscillographique du courant, il variait selon les circonstances entre 1,46 et 2,14. — Les courbes de la figure 1 montrent qu'à partir de 10^{cm} la loi est linéaire et, pour les électrodes pointues, l'on peut représenter le potentiel explosif V par la loi

$$V = 4800 d + 24000.$$

(1) E. MEYER, *Wied. Ann.*, t. XLIII, 1891, p. 1.

(2) ERCOLINI, *Il Nuovo Cimento*, 5^e série, t. V, avril 1903, p. 249.

Dans l'autre Mémoire, l'auteur part des valeurs ci-dessus et détermine les potentiels explosifs dans d'autres gaz, dans les liquides et les solides, en plaçant deux électrodes pointues dans l'air, parallèlement aux électrodes appliquées à la substance à étudier. En réglant progressivement la longueur d'étincelles dans l'air, il arrive un moment où les décharges se produisent également bien dans l'air et dans les corps étudiés; il suffit alors de se reporter à la figure 1 pour connaître les potentiels correspondants. La source de courant employée était une bobine de 50^{cm} d'étincelles avec circuit magnétique fermé, mais comme la forme du courant était indifférente, puisque l'on comparait deux décharges, on faisait usage de courant continu interrompu par un interrupteur turbine. — Les gaz essayés donnent des courbes de forme comparable à celles de l'air; les résultats sont présentés sur la figure 2 dans l'ordre suivant : hydrogène, gaz d'éclairage (Leuchtgas), air (Luft), gaz carbonique et oxygène, ce dernier étant le plus résistant. Là encore la loi $V = A d + B$ est applicable à partir d'une certaine distance. — La figure 3 montre les résultats fournis par les liquides,

toujours entre électrodes pointues. Les courbes sont relatives à l'air (Luft), à l'huile d'horloger (Spindelöl), à l'huile de lin (Leinöl), à l'huile de paraffine et au pétrole. Le pétrole résiste moins bien à la décharge lorsqu'il est frais que lorsqu'il a été soumis pendant quelque temps à l'action électrique; les deux courbes de la figure 3 indiquent les valeurs limites. Il semble que l'électrisation produit une sorte de purification du pétrole; sa couleur devient jaune et la fluorescence disparaît. En chauffant longtemps les huiles à 100°, on augmente leur résistance à la décharge, mais ces huiles s'altèrent rapidement ensuite. — La figure 4 montre ce que deviennent les potentiels explosifs entre pointe et plateau, selon que la pointe est positive ou négative. Les liquides essayés sont l'éther et le pétrole. — Enfin la figure 5 donne quelques valeurs relatives aux corps solides. Ceux-ci étaient placés entre deux électrodes pointues et plongés dans un liquide, de façon à éviter les décharges latérales. Les résultats varient suivant la nature du liquide environnant; ainsi, une lame de verre de 9^{mm} d'épaisseur, qui était percée avec 60000 volts dans l'huile de lin, en exigeait 78000 dans le

Fig. 3.

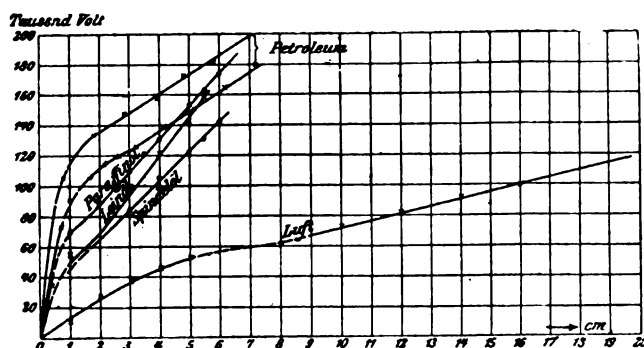
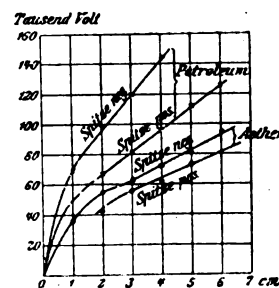


Fig. 4.

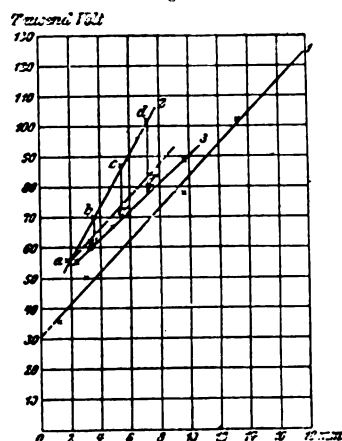


pétrole et 100 000 dans l'huile de paraffine épaisse. La ligne 1 (fig. 5) est relative au verre plongé dans le pétrole; c'est

opale soumis à l'électrisation pendant 20 secondes donnent la couche 3.

H. A. *

Fig. 5.



une droite qui suit la loi $V = A d + B$. La courbe 2 est fournie par des lames superposées d'un verre opale de 1^{mm},8 d'épaisseur. L'auteur attribue l'accroissement plus rapide du potentiel à l'interposition d'une mince couche de liquide entre les lames de verre. Les mêmes échantillons de verre

Sur le coefficient d'aimantation spécifique et la susceptibilité magnétique des sels, par G. MESLIN (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 782-784, 20 mars). — Continuant des travaux déjà signalés ici (t. III, p. 93 et 188), l'auteur donne, dans cette Note, les valeurs du coefficient d'aimantation K et de la susceptibilité magnétique k des divers sels, les uns paramagnétiques, les autres diamagnétiques. Pour le perchlorure de fer cristallisé, le plus paramagnétique, $k = 102,5 \times 10^{-6}$; pour le bichromate de potassium, le moins paramagnétique, $K = 0,134 \times 10^{-6}$; pour les sels diamagnétiques, k est compris entre $-0,230 \times 10^{-6}$ (bicarbonate de sodium) et $-0,643 \times 10^{-6}$ (sulfate de sodium).

Variations des spectres de bandes du carbone avec la pression et nouveaux spectres de bandes du carbone, par H. DESLANDRES et D'AZAMBUJA (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 917, 4 avril). — Lorsqu'on fait croître la pression du gaz contenu dans un tube à décharge, le spectre d'un point de la région cathodique subit des variations curieuses déjà signalées par M. Deslandres. Lorsqu'on opère avec de l'oxyde de carbone et de l'anhydride carbonique, on obtient un spectre de bandes très simple à très basse pression et qui, lorsque la pression augmente, éprouve des variations absolument identiques à celles que présente le groupe de bandes de l'air déjà étudié. Les auteurs ont observé, au cours de cette étude, deux spectres de bandes nouveaux dont ils donnent la description.

Sur la radioactivité induite du radium, par P. CURIE. (Communication faite à la séance du 3 mars de la Société française de Physique). — M. Curie constate, tout d'abord, que, parmi les diverses théories émises pour expliquer les propriétés des corps radioactifs, l'hypothèse qui consiste à admettre la désagrégation des atomes de ces corps et la transmutation des éléments se présente aujourd'hui comme la plus vraisemblable et se trouve actuellement admise par un grand nombre de physiciens et de chimistes. M. et M^{me} Curie, dès le début de leurs recherches sur les corps radioactifs, ont énoncé cette hypothèse parmi celles qui conviennent pour expliquer les phénomènes. Les conséquences de cette hypothèse et les suppositions relatives à la vie limitée des éléments radioactifs ont même été signalées par M^{me} Curie dans une conférence faite en 1900 devant la Société des Amis des Sciences, conférence qui a été publiée dans la *Revue scientifique*. Cependant, devant l'abondance des théories émises et encore incertaines, M. Curie a préféré ne point préciser une hypothèse déterminée. C'est ainsi que, dans l'étude des radioactivités induites et désémanations, MM. Curie et Debierne ont montré que l'on pouvait poursuivre très loin l'étude des phénomènes en admettant seulement qu'il existe sous diverses formes successives des centres d'énergie radioactive, sans préciser *a priori* quel est le support de cette énergie; la nature de ces centres devait ressortir ensuite nettement de l'étude des faits. MM. Rutherford et Soddy ont au contraire dès le début admis que les émanations et les radioactivités induites sont constituées par des particules matérielles provenant de la désagrégation des corps radioactifs, et l'expérience semble entièrement justifier cette hypothèse. La condensation des émanations aux températures très basses, les récentes découvertes de MM. Ramsay et Soddy relatives à la pression de l'émanation du radium et à la production de l'hélium par le radium, viennent apporter un appui considérable à l'hypothèse de la désagrégation. Ainsi, avec MM. Ramsay, Rutherford et Soddy, M. Curie adopte aujourd'hui le langage qui résulte de la théorie de la désagrégation: le radium émet une émanation gazeuse, matérielle et radioactive qui se désagrége à son tour en donnant des matières radioactives solides auxquelles sont dus les phénomènes de la radioactivité induite.

L'émanation M du radium disparaît en fonction du temps t suivant une loi exponentielle $M = M_0 e^{-mt}$ avec $m = 2,012 \times 10^{-6}$ en inverse de seconde. D'après cette loi l'émanation diminue de moitié en 4 jours. L'inverse de m représente la vie moyenne de l'émanation, elle est de 5,75 jours.

M. Curie entretient la Société des recherches qu'il a faites en collaboration avec M. Danne sur les lois de la disparition de la radioactivité induite par l'émanation du radium.

On laisse un corps solide pendant longtemps (plusieurs jours par exemple) à s'activer en présence de l'émanation du radium et l'on étudie ensuite la manière dont il se désactive à l'air libre. L'intensité du rayonnement est donnée en fonction du temps par la différence de deux exponentielles (en négligeant toutefois ce qui se passe pendant les cinq premières minutes).

On explique convenablement les phénomènes en admettant que l'émanation, pendant tout le temps qu'elle agit, crée avec une vitesse constante une première substance radioactive B, qui se désagrége spontanément suivant une loi exponentielle. La substance B en se désagrégeant se transforme en une deuxième substance radioactive C qui se désagrége à son tour et disparaîtrait si elle était seule suivant une loi exponentielle. Mais comme la substance C est entretenue par la substance B, elle varie en réalité suivant une loi plus complexe. — Quand on soustrait le corps solide

à l'action de l'émanation, les substances B et C existent sur sa surface dans une certaine proportion. Cette proportion varie en fonction du temps et, si l'on admet que le rayonnement produit par C en se désagrégeant est plus important que celui produit par la quantité correspondante de B, on trouve que le rayonnement est donné par la différence de deux exponentielles, c'est-à-dire par une formule de même forme que celle qui résulte de l'expérience. — Dans le cas particulier où B n'émet pas de rayons et où C rayonne seule, la théorie indique une certaine valeur pour le rapport des constantes entrant dans les exponentielles: or l'expérience donne précisément cette valeur; l'on peut admettre que la substance C rayonne seule. On ne s'est aperçu de cette relation entre les coefficients que plusieurs mois après leur publication.

On peut chercher suivant quelle loi s'active un corps solide à partir du moment où il est mis brusquement en contact avec un volume d'air renfermant une proportion constante d'émanation. On trouve par expérience, conformément aux indications de la théorie, que la loi suivant laquelle le rayonnement du corps I tend vers sa finale I_0 est la même que la loi de décroissance de l'activité d'un corps soustrait à l'action de l'émanation.

Enfin, dans le cas où un corps a été soumis à l'action de l'émanation pendant un temps relativement court, la loi de désactivation à l'air libre devient très complexe. On trouve par exemple, pour une durée d'activation de 5 minutes, que le rayonnement pendant la désactivation décroît d'abord avec une très grande rapidité; au bout de quelques minutes l'intensité du rayonnement passe par un minimum et se met ensuite à augmenter; au bout de 30 minutes le rayonnement passe par un maximum, puis il décroît et finit par s'éteindre suivant une loi exponentielle simple.

On ne peut expliquer ces phénomènes complexes dans l'hypothèse de deux substances seulement. On parvient au contraire à tout expliquer en supposant sur les corps actifs trois substances A, B, C. La substance A est créée directement par l'émanation; elle disparaît rapidement; la quantité de A baisse de moitié en 2,9 minutes (sa vie moyenne est de 4,3 minutes). La substance A en se désagrégeant donne naissance à la substance B, laquelle, quand elle est seule, se détruit spontanément avec baisse de moitié en 21 minutes (vie moyenne de 33 minutes). La substance C est entretenue par B et se détruirait si elle était seule avec baisse de moitié en 28 minutes (vie moyenne de C: 39 minutes). Les substances A et C rayonnent et ionisent l'air, B ne rayonne pas.

Lorsqu'un corps a été soumis pendant un temps θ à l'action de l'émanation et qu'il se désactive ensuite à l'air libre, le rayonnement du corps en fonction du temps est donné par une formule qui permet deux interprétations. Physiquement les deux interprétations sont très différentes: Avec la première, la substance B qui ne rayonne pas disparaît la première au bout de 2 à 3 heures sur le corps qui se désactive; la substance C reste alors seule et disparaît suivant une loi exponentielle simple. Dans la deuxième supposition la substance B entretient C qui se détruit plus rapidement qu'elle-même; au bout de 2 à 3 heures les substances B et C sont dans un rapport constant sur le corps qui se désactive et disparaissent toutes deux en même temps suivant une loi exponentielle simple. Mais on sait que la radioactivité induite devient volatile aux températures élevées et distille d'un corps chaud sur un corps froid. L'étude de ce phénomène permet de conclure que la première hypothèse est celle qu'il convient d'adopter: la substance B est plus volatile que la substance C.

BIBLIOGRAPHIE (1).

Das elektrische Bogenlicht (La lumière de l'arc électrique), par BIEGON VON CZUDNOCHOWSKI. 1 vol., 28^{cm} × 20^{cm}, 98 pages, 14 figures, 42 tableaux. S. Hirzel, éditeur à Leipzig. Prix : broché, 3 mark.

Cette brochure constitue le premier fascicule de l'Ouvrage complet, lequel comprendra 6 fascicules du prix de 3 à 4 marks. Elle en forme l'introduction et, du moins d'après le titre de celle-ci, traite de la *Position de l'arc électrique par rapport aux autres sources de lumière artificielle*. A la vérité, elle aborde de nombreuses questions dont nous nous bornerons à indiquer quelques-unes : Historique fort complet remontant à l'expérience de Davy en 1800 pour finir aux arcs à flamme de Bremer et aux arcs à vapeurs métalliques de Cooper-Hewitt; considérations générales sur l'émission, la transmission par l'éther, la spectroscopie; description des principales sources lumineuses utilisées dans les mesures photométriques; considérations sur la photométrie et description de quelques photomètres; forme de l'arc électrique, valeur et répartition de l'intensité lumineuse de l'arc; appareils catoptriques et dioptriques utilisés pour modifier cette répartition; économie de l'éclairage par arc, les diverses formes de l'énergie et les transformations de l'énergie lumineuse, le bolomètre, l'équivalent mécanique de la lumière, la loi de Kirchhoff et le corps noir théorique, etc.

On voit par cet aperçu combien sont variés les sujets étudiés dans cette Introduction; il semble d'ailleurs que l'auteur ait eu pour but principal d'éclaircir les fondements théoriques des manifestations et propriétés de l'arc électrique; mais, pour nous prononcer en connaissance de cause, nous devons attendre la publication des suivants fascicules. Toutefois, nous pouvons dire déjà que la lecture de celui qui nous occupe dénote chez l'auteur une grande érudition. H. B.

Jahrbuch der Elektrochemie und angewandten physikalischen Chemie, par le Dr HEINRICH DANNEEL. Un volume format 24^{cm} × 16^{cm}, 930 pages, 137 figures. Wilhelm Knapp, éditeur, Halle a. S. Prix : 26 mark (32^{fr}, 50).

Chaque année voit augmenter l'importance de l'*Annuaire d'Electrochimie*, fondé en 1894 par les professeurs Nernst et Borchers: alors que le premier volume ne comprenait que 174 pages, celui que nous venons de recevoir ne contient pas moins de 928 pages. C'est le dixième de la série et se rapporte à l'année 1903.

Nous n'avons plus à insister ici sur les qualités de cet ouvrage, ni sur les services qu'il est appelé à rendre aux électrochimistes et électrométallurgistes. Rappelons seulement que, comme l'indique d'ailleurs son titre, il donne une large hospitalité aux travaux de Chimie physique et qu'il traite de toutes les questions de Chi-

mie où l'électricité est utilisée, comme l'analyse par voie électrolytique; enfin qu'il relate tous les travaux, théoriques et pratiques, concernant les accumulateurs.

Cet important ouvrage a donc sa place marquée, non seulement dans les bibliothèques publiques, mais encore sur la table de travail des industriels qui s'intéressent au développement des applications de l'Électricité à la Chimie, et des savants qui cherchent des relations plus intimes entre ces deux sciences.

Leitungen Schalt- und Sicherheitsapparate für elektrische Starkstromanlagen (Lignes, appareils de commande et de sécurité pour transmissions de courants industriels), par H. POHL et B. SOSCHINSKI. 1 vol. format 28^{cm} × 20^{cm}, 448 pages, 395 figures. S. Hirzel, éditeur à Leipzig. Prix : cartonné, 20 mark.

Ce volume forme la première partie du sixième volume du *Handbuch der Elektrotechnik* publié sous la direction du docteur G. Heinke, Professeur d'électrotechnique à l'Ecole technique supérieure de Munich; il est dû entièrement à l'un des deux auteurs, M. H. Pohl, l'autre, M. Soschinski, s'étant chargé de la rédaction de la seconde partie.

L'auteur y traite tout d'abord les *Conducteurs*, au point de vue de la nature des matériaux avec lesquels ils peuvent être établis: cuivre, fer, aluminium, puis, après quelques généralités sur les propriétés des diélectriques, il examine successivement les nombreuses *Matières isolantes* naturelles et artificielles utilisées pour l'isolation des conducteurs et la confection des socles d'appareils; cet examen est particulièrement intéressant en raison de la difficulté que l'on éprouve en général à obtenir les nombreux renseignements qui s'y trouvent rassemblés. La *Fabrication des conducteurs et des câbles*, les *Mesures relatives aux câbles* pendant et après leur fabrication, les *Prescriptions* imposées par les Règlements et les Sociétés techniques forment les matières des Chapitres suivants.

Puis viennent l'étude et la description détaillées des *Interrupteurs et commutateurs*, des *Coupe-circuit*, des *Parafoudres et limiteurs de tension*.

Par la nature même de l'Ouvrage, l'illustration est nécessairement en majeure partie empruntée aux catalogues de quelques grandes maisons allemandes s'occupant de la fabrication des câbles, de l'appareillage et des instruments de mesure. L'attrait de la nouveauté lui fait donc quelque peu défaut; mais cette illustration n'en est pas moins intéressante pour les praticiens à qui elle permet de pouvoir juger rapidement les points différenciant les appareils des divers constructeurs; elle est d'ailleurs fort bien tirée sur papier couché et contribue à faire de l'œuvre de M. Pohl un Ouvrage de luxe en même temps qu'un Ouvrage technique fort utile à consulter. H. B.

(1) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Le bassin houiller de Meurthe-et-Moselle.

Quoique la houille blanche ait accaparé les faveurs des électriciens, ceux-ci ne sauraient cependant se désintéresser de la houille noire dont l'exploitation offre un débouché important à leur industrie en même temps que le combustible encore le plus souvent indispensable au fonctionnement de leurs appareils. Aussi croyons-nous devoir signaler ici la découverte récente de l'existence d'un bassin houiller dans un de nos départements les plus industriels, le département de Meurthe-et-Moselle, qui consomme annuellement plus de 5 millions de tonnes de houille ou de coke, provenant pour une faible partie du nord de la France, et pour la majeure partie de l'étranger : Belgique, Westphalie et surtout région de Sarrebruck.

D'après une Note présentée à la séance de l'Académie des Sciences du 27 mars dernier par M. Cavallier, administrateur-directeur des Hauts fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson, c'est le 19 mars qu'a été faite la constatation officielle de l'existence d'une couche de houille exploitable de 70^m d'épaisseur, découverte à 819^m de profondeur (638^m au-dessous du niveau de la mer) dans un sondage effectué dans l'usine même de cette Société.

Cette découverte est d'ailleurs la conséquence d'une série de recherches méthodiques entreprises depuis de longues années déjà en vue de reconnaître si le bassin houiller de Sarrebruck, si riche en couches exploitables (on n'en compte pas moins de 117, d'après une Note de M. Laur présentée à la même séance de l'Académie), ne se prolonge pas en Lorraine. Les premiers travaux de sondage datent en effet de 1859 et furent poursuivis avec plus ou moins d'activité jusqu'en 1895, époque à laquelle ils furent abandonnés pour être repris à nouveau en 1899 lors de la hausse des combustibles. Toutefois ces sondages furent surtout exécutés en Lorraine annexée, dans le voisinage presque immédiat de Sarrebruck, et ce n'est guère que tout récemment que des sondages furent entrepris en territoire français.

Aujourd'hui il n'y a pas moins de 15 sondages en cours d'exécution en Lorraine française et plus de 3 millions de francs ont déjà été dépensés. Ils ont permis d'établir de façon indiscutable que, conformément aux prévisions de M. Nicklès, professeur à l'Université de Nancy, le terrain houiller s'étend au-dessous du département de Meurthe-et-Moselle à une profondeur pratiquement accessible. Quant à l'étendue et à la richesse du bassin houiller, on ne peut encore les évaluer : outre la couche de houille exploitable signalée plus haut on a bien rencontré dans les sondages des passées de houille, en particulier dans le sondage d'Eply, au nord-est de Pont-à-Mousson, mais jusqu'ici aucune autre couche importante n'a encore été découverte.

Il est à présumer cependant, d'après les caractères des terrains morts traversés, que les couches exploitables

seront découvertes; toutefois il est également probable que leur profondeur moyenne sera plus grande que dans le bassin de Sarrebruck. Il en résultera des frais d'exploitation plus élevés que dans ce dernier bassin, et dans une étude publiée dans la *Nature* du 1^{er} avril, M. Bailly, ingénieur au Corps des Mines, estimait à 2^{fr},50 par tonne de houille extraite la majoration des frais due à l'augmentation de la profondeur ainsi qu'à l'augmentation du débit des eaux des terrains aquifères traversés. Mais cette majoration ne pourrait avoir aucune conséquence fâcheuse sur les prix de vente, car M. Bailly établit que les frais de transport et de douane grèvent d'environ 4^{fr} par tonne la houille amenée de Sarrebruck en Meurthe-et-Moselle.

Sociétés savantes et techniques.

ACADÉMIE DES SCIENCES. — On trouvera aux pages 213 et 220 les analyses faites aux séances des 20 et 27 mars et 4 avril, par MM. Branly, Meslin, Deslandres et d'Azambuja.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE. — A la séance du 3 mars, M. Ch. Nordmann décrit son *Enregistreur continu de l'ionisation de l'atmosphère*, signalé dans le numéro de cette Revue du 28 février; à la suite de cette Communication, MM. Langevin, Nordmann et Kowalski engagent une discussion dont nous donnerons un résumé dans le prochain numéro. A la même séance, M. Curie fait une remarquable Communication sur la *Radioactivité induite du radium*; une analyse en est donnée page 221.

A la séance du 17 mars il n'est présenté aucune communication d'ordre électrique.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS. — A l'assemblée générale annuelle de cette Société, qui a eu lieu le 5 avril, il a été procédé à l'élection du Président pour les exercices 1906-1907 et au renouvellement partiel du Bureau et du Comité d'administration.

Ont été élus :

Président pour 1906-1907 : M. Maurice Leblanc.

Vice-Présidents : MM. Brylinski et Grosselin.

Secrétaire général : M. H. Armagnat.

Secrétaires : MM. G. Courtois et M. Latour.

Membres du Comité : MM. Bélugou, Boy de la Tour, Brillouin, Brunswick, Cordier, Desrozières, Devaux-Charbonnel, Dusaugéy, Eschwège, Forgues, Javaux, Joly, Jonaust, Lauriol, Loppé, Mariage, Rechniewski, Rey, Sartiaux, Tainturier.

Membres de la Commission des comptes : Brocq, Chevriér, Mazen.

L'ordre du jour appelait les Communications techniques de MM. Lauriol, Janet, Blondel, dont les analyses sont données pages 213, 200, 207 et 209.

A la suite de ces Communications, le Président sortant, M. Pollard, prononce le discours d'usage et cède le fauteuil au Président pour l'exercice 1905-1906, M. Bonty.

Conférences. Congrès.

La Société française de Physique a organisé une série de Conférences destinées à faire connaître l'*État actuel des Industries électriques*. La première de ces conférences aura lieu le vendredi 28 avril à 9^h 30^m du matin, pendant les séances de Pâques, dans l'amphithéâtre de Physique de la Faculté des Sciences; les autres seront faites dans la grande salle de la Société d'Encouragement, 44, rue de Rennes, à 8^h 30^m du soir, les mardis de chaque semaine du 2 mai au 13 juin, sauf toutefois la conférence de M. Picou qui aura lieu le lundi 8 mai.

Voici le sujet de ces conférences :

Sur les tendances et les recherches actuelles de l'Électrotechnique, par P. JANET (vendredi 28 avril).

Les progrès récents de l'Électrochimie, par CHAUMAT (mardi 2 mai).

Les principes généraux dans la construction des machines dynamos, par R.-V. PICOU (lundi 8 mai).

Les moteurs électriques dans l'industrie, par HILLAIRET (mardi 16 mai).

État actuel de l'industrie des accumulateurs, par L. JUMAU (mardi 23 mai).

Les principes généraux dans la construction des alternateurs, par P. BOUCHEROT (mardi 30 mai).

L'éclairage électrique, progrès récents, par P. WEISS (mardi 6 juin).

État actuel de la Téléphonie, par de la TOUANNE (mardi 13 juin).

— A l'occasion de l'Exposition de Liège un Congrès de Radiologie et Ionisation se tiendra dans cette ville les 12, 13 et 14 septembre 1905.

Informations diverses.

GÉNÉRATION. — Comme suite aux renseignements donnés récemment ici (p. 102, 28 février 1905) sur l'application des turbines à vapeur à la propulsion des navires, nous signalerons deux applications récentes des turbines Parsons sur un croiseur de la Marine allemande, l'*Ersatz-Merkur*, et sur un transatlantique de la Compagnie Allan, le *Victorian*. Bien que les essais du croiseur allemand, dont les turbines ont été construites dans les ateliers Brown-Boveri, aient eu lieu en eaux peu profondes, à l'embouchure de la Swine, la manœuvrabilité du navire a été parfaite et l'on a pu obtenir une vitesse de 23 nœuds, supérieure de 1 nœud $\frac{1}{2}$ à celle garantie. Les essais du *Victorian*, paquebot de 165^m de long, 18^m,30 de large, 10630 tonnes de jauge brute et 12000 chevaux de puissance, ont également accusé une vitesse supérieure à celle garantie : 18,8 nœuds contre 17.

APPLICATIONS MÉCANIQUES. — D'après la statistique anglaise, le nombre des accidents graves occasionnés par l'emploi des ponts roulants électriques s'élève en Angleterre, pour le cours de l'année 1904, à 24, dont 9 (l'un d'eux mortel) sont attribués à la protection insuffisante des fils de trôlet, 14 (un suivi de mort) à la mauvaise isolation des appareils de commande placés dans la cage mobile, enfin 1 à une faute lourde de l'ouvrier. — Bien

que ce nombre ne soit pas bien grand, la commission d'enquête pense qu'il pourrait être réduit si certaines précautions étaient prises dans la construction et l'installation. En premier lieu il convient de placer les conducteurs d'alimentation sur lesquels glissent les roues de trôlet de telle sorte qu'un ouvrier placé sur la passerelle ne puisse les toucher, car lors même que la tension d'alimentation est assez basse pour rendre le choc électrique inoffensif par lui-même, ce choc peut avoir des conséquences graves s'il détermine la chute de l'ouvrier. En second lieu il faut isoler avec soin les divers conducteurs et appareils de la masse métallique du pont roulant et mettre celle-ci en bonne communication avec la terre. Cette dernière condition est généralement réalisée dans les usines modernes qui sont entièrement métalliques, mais elle ne l'est pas dans les ponts roulants dont les rails de roulement sont fixés sur des longrines en bois; alors le pont, les objets qu'il transporte et la cage de manœuvre, peuvent se trouver électrisés à la suite d'un défaut d'isolement des câbles. Ce fait s'est produit récemment : le pont transportait un corps de chaudière et plusieurs ouvriers qui guidaient du sol la masse transportée reçurent un choc; le mécanicien voulut sortir de sa cabine pour se rendre compte de la cause de ce choc, mais il reçut à ce moment une décharge qui lui fit perdre connaissance. — D'autres précautions sont d'ailleurs utiles. Ainsi un mécanicien, ayant constaté que l'arrêt brusque du pont qu'il dirigeait provenait d'un dérapage de la roue de trôlet, sortit de sa cabine et remit cette roue en contact avec le conducteur d'alimentation sans avoir pris la précaution de couper le courant; le pont se remit en marche et l'écrasa. L'accident eût été prévenu si, comme on le fit plus tard, on avait installé un interrupteur commandé par l'ouverture de la porte de la cabine.

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE. — La semaine dernière le câble français Brest-Dakar a été livré à l'exploitation. Afin d'assurer au trafic les meilleures conditions de transmission, l'administration des postes et télégraphes a relié par des fils spéciaux le bureau de Brest, dont le service est permanent de jour et de nuit, aux grands centres télégraphiques de France : Paris-Bourse, Paris-Central, Lyon, Bordeaux, le Havre, Nantes, etc. — Pour bénéficier de la sûreté et de la sécurité qu'offre une transmission entièrement sous-marine à partir de la métropole, les télégrammes à destination du Sénégal doivent actuellement emprunter la voie *Malte-Cadix-Ténériffe* ou encore la voie *Malte-Madère* dont la taxe s'élève respectivement à 1^{fr},84 et 5^{fr},67 par mot. Par la nouvelle voie, qui présentera par rapport à ces dernières des avantages de célérité bien plus marqués, puisque la transmission sera directe entre Brest et Dakar, la taxe ne sera que de 1^{fr},50 par mot comme par la voie *Espagne-Ténériffe*, qui comporte l'utilisation de lignes terrestres jusqu'à Cadix. — La taxe des télégrammes échangés avec la Guinée française par la nouvelle voie (voie Dakar) a été fixée à 3^{fr},50 par mot, c'est-à-dire inférieure respectivement de 0^{fr},68 et de 1^{fr},22 à la taxe appliquée antérieurement par les autres voies.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

- I. La commande des trains électriques du Métropolitain de Paris**, par CH. JACQUIN, p. 225 à 233.
- II. Génération et Transformation** : Accumulateurs, etc. p. 233. — **Transmission et Distribution** : La distribution des tensions et des courants dans les réseaux conducteurs fermés, par FELDMANN et HERZOG; Sur l'influence de la subdivision de l'étincelle et de la capacité sur les décharges par limiteurs de tension, par G. BENISCHKE; etc.; Brevets récents, p. 235-240. — **Applications mécaniques** : Brevets récents, p. 241. — **Traction** : Le Congrès des Tramways, de Vienne, par CH. JACQUIN; Emploi des voitures automotrices et automobiles sur les lignes de chemins de fer d'intérêt local, par ZIPFER; Avantages et inconvénients de la traction électrique sur les lignes de chemins de fer d'intérêt local, par H. LUTHLEN; Forme et tension du courant pour les chemins de fer d'intérêt local, par PRORR; Contrôle des réseaux électriques et entretien des fils de trôlet, par G. PÉDRIALI; Les économies de courant dans les exploitations de tramways électriques, par W. KLITZING; Protection des fils téléphoniques et télégraphiques, par PETIT; Influence des tramways électriques sur les instruments de mesure, par BJORKEGREN, etc.; Brevets récents, p. 241 à 259. — **Télégraphie et Téléphonie** : Nouveau récepteur d'ondes magnétiques, par W. PEUKERT; Brevets récents, p. 251. — **Mesures et Essais** : Électromètre à sextants et à aiguille neutre, par GUINCHANT, etc., p. 252. — **Divers** : Sur la variation du pouvoir inducteur spécifique du verre avec la fréquence, par A. BROCA et TURCHINI; Sur l'ionisation produite entre deux plateaux parallèles par l'émanation du radium, par W. DUANE; Les émanations radioactives sont-elles électrisées? par A. BATTELLI et F. MACCARRONE, p. 253.
- III. Bibliographie**; p. 254.
- IV. Variétés, Informations** : Nouveau chemin de fer souterrain à Paris; Sociétés savantes et techniques; Informations diverses, p. 255-256.

LA COMMANDE DES TRAINS ÉLECTRIQUES DU MÉTROPOLITAIN DE PARIS.

TRAINS A SIMPLE ET A DOUBLE UNITÉ.

L'exploitation des trains du Métropolitain a passé par 3 étapes successives : lorsque la première ligne a été ouverte, à la fin de l'été 1900, on a commencé le service avec des trains de 4 voitures dont *une seule motrice*. L'affluence des voyageurs ayant vite forcé à porter la longueur des trains à 7 ou 8 voitures, la Compagnie rendit 2 *voitures motrices* et fit la commande des trains par un système dit à *double unité*. Enfin la Compagnie s'est décidée récemment à rendre 3 *voitures motrices*, de façon à pouvoir, tout en soulageant les moteurs, augmenter l'accélération et la capacité des trains (ce dernier point réalisé par l'emploi d'un matériel à bogies).

I. — Trains à une seule voiture motrice.

Ces trains de 4 voitures comprenaient : une voiture motrice de 18 tonnes, pouvant contenir 26 personnes assises et 30 au minimum debout, et 3 voitures de remorque de 8,5 tonnes, pouvant contenir 25 personnes assises et 30 au minimum debout, soit un poids total de 43,5 tonnes et une

capacité totale de 101 places assises et au minimum 120 places debout (en tout 221 places).

Les 3 voitures d'attelage n'étaient munies que de la faible canalisation à 550 volts, avec jonction entre les voitures, servant à l'éclairage d'intérieur (2 circuits de 5 lampes de 16 bougies absorbant 1,1 ampère par voiture). La voiture motrice comprenait un circuit principal très simple, limité à la voiture même et formé par les 2 frotteurs, le combinateur et les appareils de sûreté de la cabine, et enfin les 2 moteurs. Le combinateur était du type courant des tramways : cylindre vertical portant une manette de manœuvre avec diverses positions de marche avant et marche arrière et freinage électrique. Un interrupteur double permettait d'isoler l'un ou l'autre des moteurs, en cas d'avarie. La commande se faisait à la manière ordinaire en couplant les moteurs d'abord en série puis, en parallèle, avec intercalation de résistances progressivement décroissantes dans le circuit.

Les moteurs étaient de 100 chevaux, soit

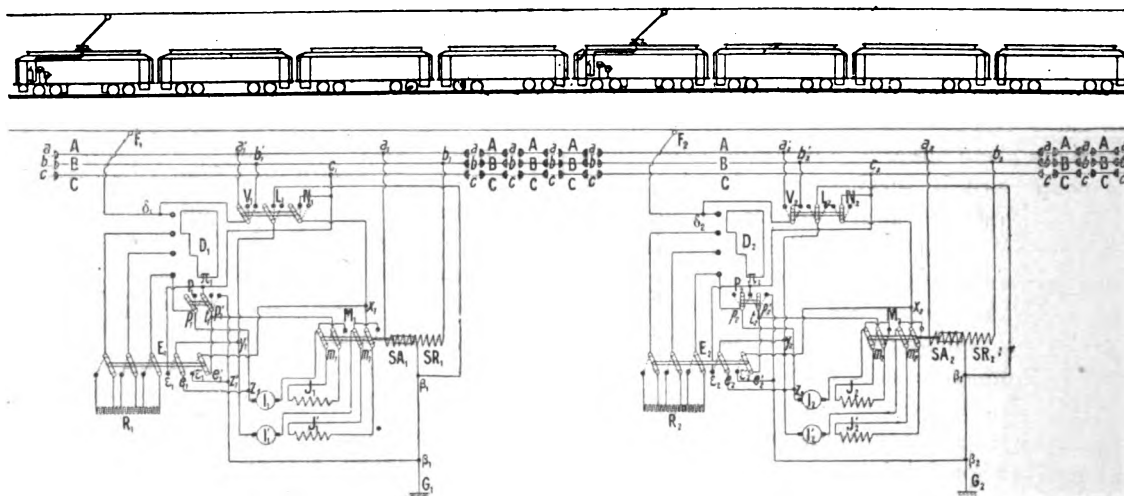
200 chevaux pour le train et 4,6 chevaux par tonne. Cette puissance était absorbée et même dépassée sur certains points du parcours où se trouve une rampe après démarrage. En moyenne, la vitesse maxima de 36 km : h était atteinte au bout de 30 secondes, avec une accélération initiale de 0,33 m : s : s ; le courant était maintenu à ce taux 60 secondes en moyenne, puis coupé jusqu'au moment du freinage.

Lorsque la nécessité d'augmenter la capacité des trains se fit sentir sur la ligne de la Porte-Maillet à Vincennes, on commença, en 1901, à ajouter une, puis 2 voitures d'attelage en maintenant une seule motrice. Mais on reconnut que dans ces conditions, si l'on voulait maintenir la même vitesse commerciale que précédemment, on risquait de brûler les moteurs et que, pour ne pas trop surcharger ceux-ci, il fallait diminuer l'accélération au démarrage et même la vitesse finale et l'on se décida, au moment de l'ouverture de la ligne circulaire nord, en 1902, à former des trains à 2 motrices sur cette ligne, ainsi que sur la ligne n° 1, et l'on adopta le système Thomson à *double unité*.

II. — Trains à 2 voitures motrices.

Le système dit à *double unité*, étudié spécialement par la Compagnie Thomson-Houston pour la commande de 2 voitures motrices au Métropolitain, n'est pas un système à *unité simple* en ce sens que les divers couplages des 4 moteurs du train ne sont pas effectués par des connexions directes entre les fils venant des inducteurs et des induits de chacun des 4 moteurs et aboutissant dans les 2 cabines de manœuvre, comme cela a été réalisé dans l'installation provisoire des trains électriques de la Compagnie de l'Ouest qui ont circulé pendant l'Exposition entre le Champ de Mars et les Invalides. Mais ce n'est pas non plus un véritable système de commande à *unités multiples* : ce qualificatif doit être réservé aux systèmes comportant 2, 3 et plus voitures ou unités absolument identiques, sur lesquelles s'effectuent, par des manœuvres asservies, exactement les mêmes connexions, de sorte qu'on peut en rajouter ou en retrancher un nombre quelconque dans un train. Dans le système mixte Thomson à *double unité*, la ma-

Fig. 1.



nœuvre de changement de marche est la seule qui soit asservie et identique sur les 2 moteurs ; les connexions réalisées sur les moteurs sont différentes sur les 2 voitures, et c'est pourquoi la solution de ce problème particulier est spéciale au cas d'un train contenant soit *une*, soit *deux* motrices, mais n'est plus applicable au cas de 3 motrices ou davantage. Le système est ingé-

nieux et répond parfaitement au but cherché, puisqu'il permet de réaliser toutes les combinaisons voulues en mettant seulement sur la longueur du train une canalisation principale à un seul gros fil et une canalisation d'asservissement à 2 petits fils.

Commençons l'examen du fonctionnement du système par la manœuvre asservie de changement

de marche, qui s'exécute d'une manière identique sur les deux voitures motrices (représentées schématiquement par la figure 1, l'une à droite affectée de l'indice 2 et l'autre à gauche affectée de l'indice 1), par l'inversion des connexions entre les inducteurs J_1, J'_1 et J_2, J'_2 et les induits I_1, I'_1 et I_2, I'_2 , à l'aide des commutateurs inverseurs M_1, M_2 . Les tiges de ces commutateurs sont tirées ou poussées suivant que le courant de la ligne à 500 volts traverse les solénoïdes SA_1, SA_2 ou bien ceux à enroulement opposé SR_1, SR_2 . Ces solénoïdes ont un bout commun relié en G_1 ou G_2 à la terre; l'autre extrémité de SA_1, SA_2 est reliée en a_1, a_2 à l'un des fils A de la petite canalisation d'asservissement (qui est constituée entre les voitures par les accouplements a); l'extrémité de SR_1, SR_2 est reliée en b_1, b_2 au second fil B de la petite canalisation (qui comporte entre les voitures des accouplements b); sur chacune des 2 voitures les 2 fils AB de la petite canalisation sont reliés en a'_1, a'_2 et b'_1, b'_2 aux 2 touches extrêmes d'un commutateur à 2 directions V_1, V_2 dont la manette est reliée à la prise de courant F_1, F_2 de la voiture motrice. Si l'on fait la commande de la voiture 1, le commutateur de sens de marche V_2 reste dans la position neutre et l'on place le commutateur V_1 à gauche ou à droite suivant qu'on veut marcher en avant ou en arrière ⁽¹⁾.

Sur la voiture qui ne sert pas à la commande (la voiture 2 sur la figure 1) il ne se produit aucune modification dans les connexions des moteurs qui restent immobiles quelles que soient les manœuvres de commande (c'est en quoi le système se différencie des systèmes à unités multiples): les 2 moteurs $J_2 I_2, J'_2 I'_2$ restent en per-

manence couplés (comme l'indique la partie de droite du schéma de la figure 2) en parallèle entre eux et reliés d'un côté à la terre G_2 (fig. 1 et 2), et de l'autre côté au fil de la canalisation principale C (qui s'étend sur tout le train en passant par les accouplements de voiture c), et sont complètement isolés des résistances R_2 et de la prise de courant F_2 de la voiture. Ces combinaisons se trouvent réalisées, comme nous allons le voir, par le fait que les commutateurs de sens de marche V_2 , le commutateur de couplage série-parallèle P_2 et la manette principale du combinateur D_2 commandant les résistances R_2 sont placés tous trois dans la position neutre de repos, et que le commutateur E_2 est placé dans la position de double unité, c'est-à-dire pour la marche avec 2 motrices (position de droite sur la figure 1; la position de gauche de ce commutateur correspond à la marche en simple unité, c'est-à-dire avec une seule motrice, et il n'y a pas de position neutre) ⁽¹⁾.

Lorsqu'on commande les 2 motrices de la voiture 1 on place tout d'abord, comme sur la voiture 2, le commutateur E_1 (fig. 1) dans la position de marche en double unité (position représentée sur la figure 1). On fait passer ensuite le levier de changement de marche V_1 de la position intermédiaire de repos, soit à gauche pour la

⁽¹⁾ Si ce commutateur est tourné à gauche, le courant de ligne passe du frotteur F_1 au levier de V_1 , au fil A par a'_1 (la communication b'_1 avec le fil B étant ouverte, il n'y a aucun courant sur le fil B), au solénoïde SA par a_1 puis de là à la terre G_1 ; ce courant continue le long du train par le fil A jusqu'en a_2 (les communications du commutateur V_2 avec a'_2 et avec F_2 sont ouvertes) et se rend directement au solénoïde SA_2 puis à la terre G_2 .

Si V_1 est poussé à droite, la communication du frotteur F_1 avec a'_1 étant rompue, il ne passe plus aucun courant sur le fil A: ce courant passe par b'_1 sur le fil B, se rend par b_1 au solénoïde SR_1 et à la terre G_1 , et par le fil b_2 au solénoïde SR_2 et à la terre G_2 (le commutateur V_2 étant toujours dans la position d'ouverture).

⁽¹⁾ La tige du levier de changement de marche V_2 commande 2 leviers L_2, N_2 d'interrupteurs qui sont mis en contact avec des touches actives dans la position neutre, ou intermédiaire, ou de repos du levier V_2 (cas de la figure 1) et sont ouverts ou isolés dans les 2 positions de droite et de gauche, c'est-à-dire de marche avant ou arrière du levier V_2 . Par le point c_2 de la canalisation C (suivre à la fois sur la figure 1 et sur la figure 2) le courant principal se rend au point x_2 ; le point y_2 est relié, d'autre part, à la terre G_2 par le levier L_2 et le point β_2 (la connexion de β_2 avec e'_2 et p'_2 est ouverte). Or les points x_2 et y_2 sont les points de jonction des 2 branches de circuit des moteurs en parallèle. Partant du point x_2 , une des branches comprend le levier de droite m'_2 du commutateur M_2 , l'inducteur J'_2 , l'autre levier de droite de M_2 , l'induit I'_2 et aboutit en y_2 ; l'autre branche passe par le levier de droite e'_2 du commutateur E_2 , le point t_2 (la connexion de t_2 avec le levier p'_2 de P_2 est ouverte), l'un des leviers de gauche m_2 du commutateur M_2 , l'inducteur J_2 , l'autre levier de gauche de M_2 , l'induit I_2 , le point z_2 (la connexion de z_2 par le levier p_2 de P_2 , avec le point δ_2 et la ligne F_2 est ouverte parce que le tambour D_2 du combinateur est au repos), le levier de gauche e_2 du commutateur E_2 et aboutit en y_2 .

à droite (schéma du bas, à gauche de la figure 2), le point de jonction t_1 des 2 moteurs 1, au lieu d'être relié à la canalisation C, est relié à la terre G_1 , et c'est le point de jonction z_1 des moteurs 1 qui est relié à la canalisation C, en même temps qu'il reste relié au frotteur F_1 ; le groupe des 2 moteurs $I_1 J_1$, $I'_1 J'_1$ de la voiture 1 se trouve couplé en parallèle avec le groupe des 2 moteurs en parallèle de la voiture 2, c'est-à-dire que les 4 moteurs du train se trouvent tous couplés en parallèle ⁽¹⁾.

Lorsqu'on fait usage d'un petit train ne comportant qu'une seule voiture motrice, par exemple celle de gauche (affectée des indices 1) de la figure 1, on place le commutateur E_1 dans la position de *simple unité*, position de gauche marquée en pointillé sur la figure 1. Le commutateur multiple V, L, N_1 qui, au repos, se trouve

dans sa position intermédiaire, est alors poussé comme précédemment, soit à gauche pour la *marche avant*, soit à droite pour la *marche arrière*, ce qui a pour effet d'intervertir les connexions entre inducteur et induit, exactement par les mêmes manœuvres vues plus haut pour la marche en double unité.

On se sert aussi du même commutateur P_1 et du même combinateur que précédemment; l'introduction des résistances R_1 par le combinateur est identique, mais les deux positions du commutateur P_1 correspondent cette fois: celle de gauche (trait plein sur la figure 1) à la mise en série des 2 moteurs $I_1 J_1$ et $I'_1 J'_1$ et celle de droite (trait pointillé sur la figure 1) au couplage de ces 2 moteurs en parallèle. On se rappelle que, dans la marche en *double unité*, ces 2 moteurs conservaient le même couplage pour les deux positions

Fig. 3.

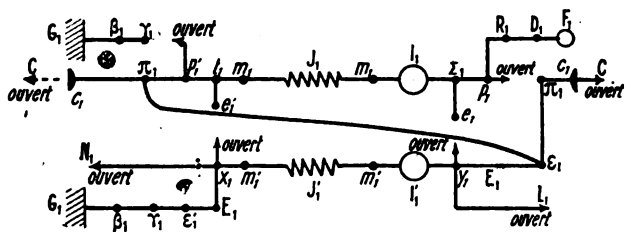
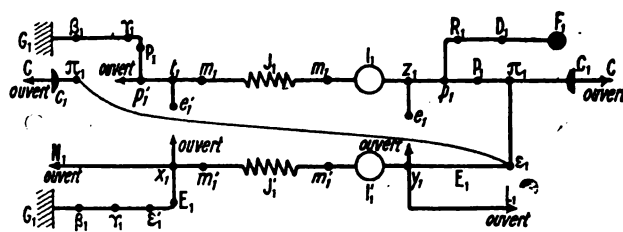


Fig. 4.



du commutateur série parallèle. Nous avons tracé sur les figures 3 et 4 le schéma des connexions pour ces deux cas; en comparant ces schémas à la partie de gauche supérieure et inférieure de la figure 2 qui correspondre aux mêmes positions du commutateur de couplage série parallèle, on verra que l'arrivée du courant et la mise à la terre s'effectuent par les mêmes points que précédem-

ment, mais que le couplage des moteurs s'effectue par un mécanisme tout différent ⁽¹⁾.

point y_1 (en y_1 la connexion L_1 est ouverte), le levier de gauche e_1 du commutateur E_1 et aboutit au point z_1 . L'autre branche du circuit des moteurs passe, en partant de t_1 , par l'un des leviers de gauche m_1 de l'inverseur M_1 , l'inducteur J_1 , l'autre levier de gauche de l'inverseur M_1 , l'induit I_1 et aboutit au point z_1 .

⁽¹⁾ Le point de jonction t_1 des moteurs 1 est relié à la terre G_1 par le levier de droite p'_1 du commutateur P_1 puis par γ_1 et β_1 . L'autre point de jonction z_1 des moteurs reste relié comme précédemment au frotteur F_1 , par p_1 et δ_1 , mais est, en outre, relié par le levier de gauche p_1 du commutateur P au point C_1 de la canalisation C. Les 2 branches du circuit des 2 moteurs en parallèle $I'_1 J'_1$ et $I_1 J_1$ restent exactement dans la même position que dans le cas précédent.

⁽¹⁾ Les connexions $e_1 e'_1$ communes à la marche en série et à la marche en parallèle, qui reliaient en permanence les 2 moteurs en parallèle par l'intermédiaire des 2 leviers du commutateur E_1 , se trouvent rompues, également d'une manière permanente.

Dans la position *série* (fig. 3) du commutateur P_1 (de la figure 1), le courant arrivant par le frotteur F_1 passe encore par le combinateur P_1 , le point p_1 , le point z_1 , l'induit I_1 et l'inducteur J_1 du premier moteur, le point t_1 , le point p'_1 , le point π_1 . Le branchement partant de ce point et se rendant au coupleur C_1 se trouve ouvert; le fil allant de π_1 à la touche s_1 du commutateur E_1 (de la figure 1), qui, précédemment formait un branchement ouvert, devient le fil de connexion principal reliant le premier moteur au second par le levier de gauche du commutateur E_1 (de la figure 1) qui réunit les points s_1 et y_1 précédemment disjoints. Du point de jonction y_1 , le courant traverse, comme précédemment, l'induit I'_1 et l'inducteur J'_1 du second moteur et arrive en z_1 où précédemment il ne trouvait que des branchements ouverts; il trouve un passage à la terre par le levier de droite du commu-

Les figures 5 à 8 donnent les schémas simplifiés de montage dans les quatre cas que nous venons d'examiner. On remarque sur ces figures 4 interrupteurs à 2 directions : $\lambda_1 \lambda'_1$ et $\lambda_2 \lambda'_2$ placés à raison de 2 sur chaque voiture motrice ; ces in-

terrupteurs (qui ne figurent pas sur les schémas des figures 1 à 4) servent, dans le cas d'avarie à un moteur, à isoler instantanément ce moteur, seul pour le cas de marche à unité simple, et le groupe de moteurs dans lequel il se trouve pour

Fig. 5.

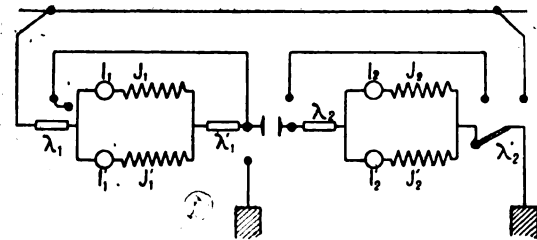


Fig. 6.

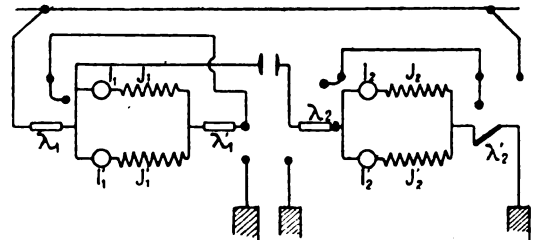


Fig. 7.

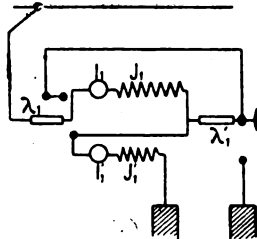


Fig. 8.

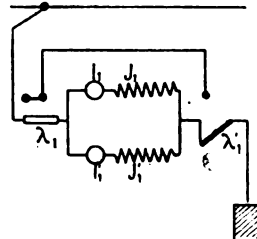


Fig. 9.

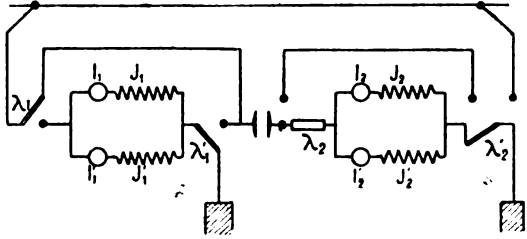


Fig. 10.

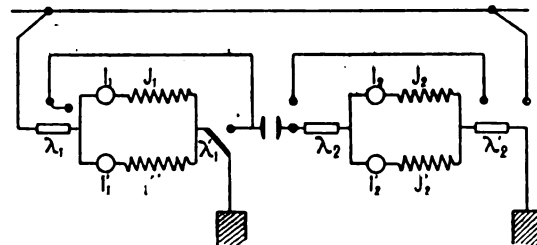


Fig. 11.

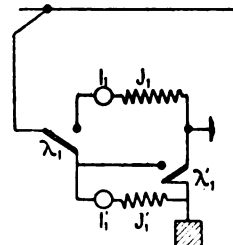
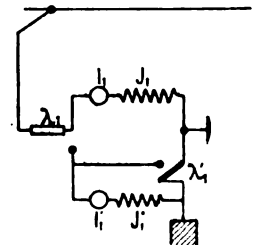


Fig. 12.



le cas de marche en double unité. Sur la figure 9, dans la marche à double unité, le groupe de moteurs de la voiture 1 est isolé et l'on marche avec

les 2 moteurs I_2J_2 , $I'_2J'_2$ de la voiture 2 ; sur la figure 10, c'est le groupe de moteurs de la voi-

teur E_1 (de la figure 1), la touche ϵ'_1 de ce commutateur, le point γ_1 et le fil $\gamma_1\beta_1 G_1$.

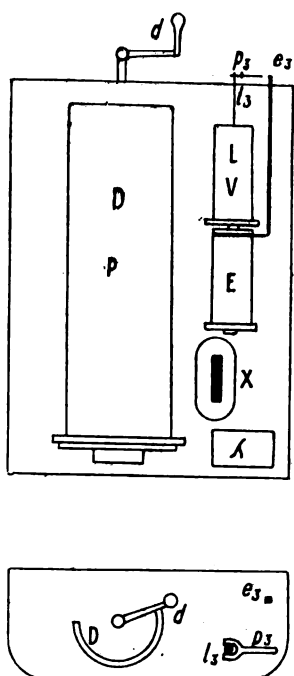
Dans la position *parallèle* (fig. 4) du commutateur P_1 (de la figure 1), le courant part comme précédemment (nous indiquons par ce terme la marche en double unité) du frotteur F_1 , passe par le combinatoire D_1R_1 , le point p_1 ; une partie passe par le point z_1 , puis l'induit I_1 , l'inducteur J_1 , le point t_1 et le point p'_1 . A ce point, où n'existaient que 2 branchements ouverts, se trouve maintenant une communication par le levier de droite du commutateur P_1 (de la figure 1) avec le point γ_1 et de là avec la terre G_1 par le fil $\gamma_1\beta_1$. Une

autre partie du courant se rend du point p_1 au point π_1 (en π_1 le branchement sur la canalisation est ouvert) par le levier de gauche du commutateur P_1 (de la figure 1), puis à la touche ϵ_1 (la liaison de ϵ_1 et π_1 avec p'_1 qui était fermée dans la position *série simple unité*, est maintenant ouverte) et de là, par le levier de gauche du commutateur E_1 (de la figure 1) au point γ_1 , traverse l'induit I'_1 et l'inducteur J'_1 du second moteur, puis se rend du point x_1 , par le levier de droite du commutateur E_1 (de la figure 1), à la touche ϵ'_1 et au point γ_1 et de là à la terre G_1 par le fil $\gamma_1\beta_1$ (précédemment, la communication de x_1 avec z_1 , γ_1 et par suite avec la terre G_1 était rompue).

ture 2 qui est isolé, et l'on marche avec les 2 moteurs $I_1 J_1$, $I'_1 J'_1$ de la voiture 2. Dans la marche à simple unité, avec la voiture 1 par exemple, on peut isoler le moteur $I_1 J_1$ et marcher seulement avec le moteur $I'_1 J'_1$, comme en figure 11, ou bien isoler le moteur $I'_1 J'_1$ et marcher seulement avec le moteur $I_1 J_1$ comme en figure 12.

La figure 13 donne l'esquisse du combinateur ou appareil principal de manœuvre placé contre la paroi de bout de la cabine du mécanicien

Fig. 13.

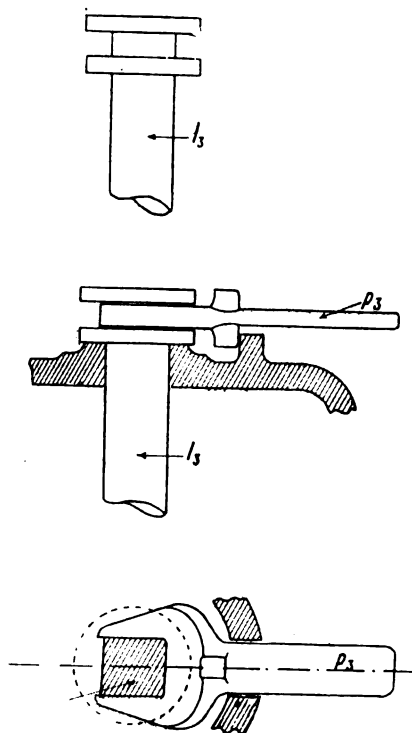


de chacune des voitures motrices. En Dp se trouve un cylindre de combinateur effectuant à la manière ordinaire, au moyen de la poignée d , les couplages en série parallèle examinés plus haut et l'intercalation des résistances; ce cylindre correspond à l'assemblage des organes D et p des schémas des figures 1 à 4. Sur cet appareil se trouvent 2 autres tiges, l_3 et e_3 , actionnant: la première l_3 , le cylindre LV de marche avant et arrière et de repos (c'est le commutateur multiple $V_1 L_1 N_1$ ou $V_2 L_2 N_2$ de la figure 1), et la seconde e_3 , le cylindre E de marche à unité double ou à unité simple (c'est le commutateur E_1 ou E_2 de la figure 4). Il n'y a qu'une

seule petite poignée amovible p_3 pour la manœuvre de ces 2 tiges.

Un dispositif d'enclenchement du type employé couramment dans les combinateurs, empêche de manœuvrer le cylindre de changement de marche LV , si le cylindre principal de couplage DP n'est pas au repos. De plus, au moyen d'une liaison mécanique appropriée entre les 2 cylindres LV et E et d'une disposition particulière des tiges l_3 et e_3 (indiquée sur les figures 14, 15 et 16) et des embases à courbe l'_3 et e'_3 qui les

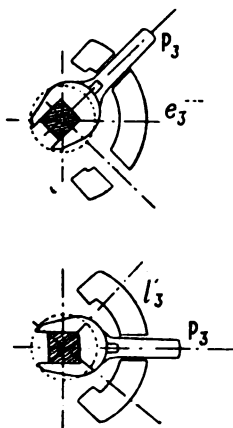
Fig. 14, 15, 16.



entourent (voir fig. 17) et dans lesquelles repose la poignée p_3 , on ne peut enlever cette poignée amovible que lorsque les axes l_3 et e_3 occupent certaines positions. Ces positions sont déterminées de telle sorte qu'on ne peut manœuvrer le commutateur E de marche en simple ou double unité que si le cylindre LV de marche avant ou arrière est au repos; de même on ne peut manœuvrer l'inverseur de marche LV que si le commutateur E est dans l'une de ses deux positions de marche à unité simple ou à unité double et aucune de ces manœuvres ne peut se faire que si

le combinateur de couplage est au repos (par suite de l'enclenchement cité entre les cylindres D et LV). En X est la bobine de soufflage magnétique du combinateur, qui porte en λ , à sa partie

Fig. 17.

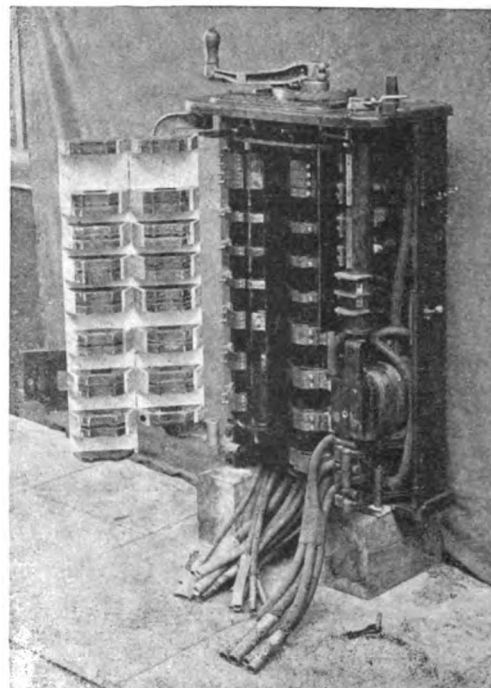


inférieure, les 2 commutateurs d'isolement à 2 directions des moteurs (non indiquées sur les schémas précédents des figures 1 à 4, mais indiqués en $\lambda_1 \lambda_2$ sur les schémas des figures 5 à 12).

La figure 18 donne une vue du combinateur ouvert. L'inverseur (indiqué en M_1 ou M_2 sur la figure 1) est constitué (voir *fig. 19*) par 2 séries de lames feuilletées entre lesquelles peut osciller,

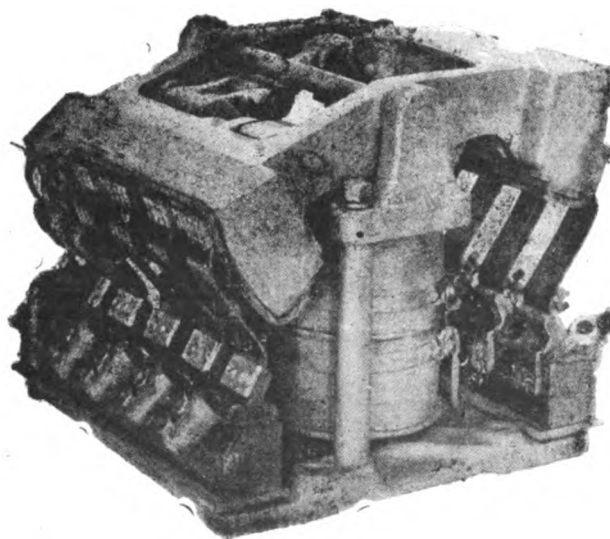
sous l'action de 2 solénoïdes, une sorte de fléau à double contact ; il se trouve en dehors du com-

Fig. 18.



binateur ; il est fixé à découvert sur un des pan-

Fig. 19.



neaux de la cabine. Le mécanicien a, dans la cabine, derrière lui, une sorte de petit tableau

portant : 1 disjoncteur automatique, 1 plomb fusible à soufflage magnétique et 1 parafoudre ;

à côté de lui, un compresseur d'air électrique, et devant lui, à côté du combinateur, le robinet du frein à air comprimé Westinghouse, le manomètre à air et un ampèremètre.

Dans ces cabines qui ne mesurent que 1^m, 60 de long, le mécanicien est un peu à l'étroit et surtout il a chaud et manque un peu d'air.

Chaque voiture, motrice ou non motrice, possède une canalisation générale composée d'un gros câble et de 2 petits câbles, et portant à ses bouts un coupleur pour le gros câble et un coupleur à 2 fiches pour les 2 fils des inverseurs.

Avec le système de commande à double unité, on dispose de 4 moteurs de 100 chevaux, soit au total 400 chevaux. On peut alors former un train à 8 voitures du poids de 27 tonnes (soit 4,6 chevaux par tonne comme précédemment), et l'on atteint, avec une accélération initiale de 0,40 m : s : s, la vitesse maxima de 36 km : h, au bout de 30 secondes ; le courant est maintenu à ce taux pendant 60 secondes en moyenne, puis coupé au moment du freinage.

CH. JACQUIN.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS (').

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Matière active additionnée de graphite pour accumulateurs à électrolyte invariable, par la KÖLNER AKKUMULATOREN-WERKE GOTTFRIED HAGEN. Brevet allemand 158800 du 17 octobre 1903 (*Centralblatt f. Accumulatoren*, t. VI, p. 70, 15 mars 1905). — Les petits grains ou écailles de graphite sont recouverts par galvanoplastie d'une couche mince d'un métal conducteur indifférent à l'électrolyte, tel que le nickel. Dans le brevet allemand 101324, il est proposé de remplacer le charbon de corne, en vue de diminuer le poids, par du charbon de bois poreux platiné, afin d'augmenter sa conductibilité. Cependant il n'en résulte pas d'augmentation de la durée. Ici la métallisation du graphite ne contribue pas seulement à donner une meilleure conductibilité, mais encore à accroître la résistance aux influences mécaniques et chimiques. La métallisation d'écailles de graphite présente des difficultés beaucoup plus grandes que le platinage de grosses pièces de nature poreuse. Voici comment on peut procéder : dans un bain de nickel ordinaire, on dispose une corbeille consistant en une toile de nickel très fine, dans laquelle sont introduits les cristaux ou les écailles de graphite. Sur le fond du vase, on place une plaque de nickel. La corbeille étant disposée en cathode et la plaque en anode, on envoie un courant faible. Pour obtenir sur toutes les particules de graphite une couche uniforme de nickel, on remue souvent le graphite dans la corbeille. Le graphite ainsi nickelé peut entrer dans la fabrication ordinaire des électrodes. Au lieu du nickel, on peut employer une couche d'un autre métal inattaquable. Enfin le graphite en écailles peut être remplacé par du graphite en poudre ou par toute autre espèce de charbon conducteur à l'état de fine division.

Perfectionnement dans la fabrication des éléments galvaniques, par RUDOLF ZIEGENBERG. Brevet anglais n° 21913 du 11 octobre 1904 (*Centralblatt für Accumula-*

toren, t. VI, p. 5, 1^{er} janvier 1905). — Afin d'éviter la dépendance des stations de charge, on a saturé les électrodes peroxyde de plomb d'acide sulfurique concentré, de sorte qu'il suffit de monter ces plaques en regard d'électrodes négatives en zinc et de remplir d'eau pour avoir les éléments prêts à fonctionner.

Mais, à cause de la difficulté de chasser tout l'air de la plaque, celle-ci ne se remplit pas complètement d'acide et cet acide faisant défaut, limite la capacité. Pour éviter cet inconvénient, les plaques peroxydées, séchées à l'air, sont disposées, avec écartement suffisant, dans un récipient en fer plombé que l'on ferme hermétiquement et dans lequel on fait le vide. On laisse ensuite l'acide sulfurique concentré pénétrer par le bas dans le récipient. Quand cet acide a dépassé le bord supérieur des plaques, on ferme son robinet d'introduction et par un robinet porté par le couvercle, on laisse pénétrer l'air qui comprime l'acide dans les pores.

Si l'on protège les plaques ainsi obtenues de l'influence de l'air, par exemple en les enfermant dans un vase en bois garni intérieurement d'une chemise en plomb ou en gutta-percha, ces plaques gardent très longtemps (3-4 mois) leur activité et donnent, après montage, leur capacité totale. La teneur en acide est très largement suffisante. Cet acide diffuse lentement et continuellement de sorte que sa densité reste à peu près constante pendant toute la décharge et que la force électromotrice est peu variable.

Formation des accumulateurs par le chlorate ou le perchlorate ? par le Dr SCHMIDT-ALTWEGG (*Centralblatt für Accumulatoren*, t. V, p. 241, 1^{er} novembre 1904). — L'auteur donne comme principe que la substance employée pour l'accélération de la formation des accumulateurs doit rester invariable ou bien que sa variation doit pouvoir être facilement contrôlée. Pour cette raison on doit délaisser les matières organiques. — Parmi les substances inorganiques employées, une des préférées est le perchlorate de potassium (brevet allemand du Dr Lucas). Comme la pureté

(') Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (1^{re}). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

des matières joue un très grand rôle et que le chlorate de potassium s'obtient commercialement dans un état de pureté remarquable, l'auteur recherche si ce sel peut remplacer le perchlorate. — Il monte pour cela dans des vases en verre des plaques à grande surface, les unes comme positives, les autres comme négatives, avec un écartement de 14^{mm} et remplit d'électrolyte de densité 1,06 renfermant de l'acide sulfurique chimiquement pur, de l'eau distillée et 1 pour 100 de chlorate de potassium. Les plaques sont chargées 24 heures à une densité de courant de 0,413 ampère par décimètre carré. On inverse alors et l'on fait passer le même courant pendant le même temps. Pendant cette dernière opération, le peroxyde formé se réduit et les dernières traces de chlorure qu'il renfermait sont éliminées. Les plaques réduites sont sorties, lavées et suspendues pour le séchage. On les remplace dans le bain de formation par des plaques neuves de sorte que le procédé de formation est continu. Les plaques réduites séchées sont montées dans d'autres bacs en regard de négatives et peroxydées dans l'acide sulfurique étendu. Cette formation dure 60 heures à la densité de 0,143 ampère par décimètre carré. — Les plaques sorties après la première inversion donnent à la première décharge 20 minutes à 0,226 ampère par décimètre carré. Les plaques de la deuxième inversion (deuxième sortie) donnent à cette même intensité 50 minutes de décharge jusqu'à la même tension. Enfin, à la troisième inversion, on obtient presque 2 heures de décharge, soit la capacité normale. L'auteur en conclut que l'électrolyte au chlorate, loin de diminuer d'activité pendant l'utilisation continue, augmente, au contraire, d'activité. La troisième plaque formée se comporte très bien, notamment en ce qui concerne l'écaillage de la matière active. Non seulement on obtient la capacité normale jusqu'à 1,83 volt; mais encore, en poursuivant jusqu'à 1,70 volt, on obtient une durée de décharge presque égale à celle du début à 1,83 volt. La plaque formée au chlorate serait donc à l'abri du danger des décharges poussées.

Accumulateur électrique à électrolyte alcalin invariable, par THOMAS ALVA EDISON. Brevet allemand n° 157290 du 6 février 1901 (*Centralblatt f. Accumulatoren*, t. VI, p. 5, 1^{er} janvier 1905). — Afin d'obtenir d'un accumulateur à électrolyte invariable utilisant comme dépolarisant les combinaisons oxygénées du nickel une tension élevée avec une grande durée, il est nécessaire que l'oxydation de l'électrode négative dégage une quantité de chaleur aussi élevée que possible et que l'oxyde formé soit pratiquement insoluble dans l'électrolyte. D'un autre côté, il ne faut pas que l'avantage de la tension élevée soit compensé par l'inconvénient des actions locales. Pour éviter ce dernier inconvénient, il faut que la chaleur d'oxydation de la négative soit inférieure à la chaleur de formation de l'eau. Ces conditions sont remplies par le fer. En constituant la négative à l'aide de fer métallique ou à un degré d'oxydation inférieur ou à l'aide d'un mélange des deux, la positive étant en oxyde de nickel, on obtient un accumulateur particulièrement actif. Pour l'électrode positive, les combinaisons d'hydroxyde de nickel sont à préconiser, pendant que, pour l'électrode négative, il convient d'employer les combinaisons d'oxydure de fer. La tension atteint environ 1,35 volt.

Accumulateur pour l'électromobilisme, par R. ZIGENBERG (*Zeitschrift Mitteleur. Motoren-Ver.*, 1904, p. 470. — *Centralblatt f. Accumulatoren*, t. VI, p. 10, 1^{er} janvier 1904). — L'auteur donne surtout des indications sur ses accumulateurs avec lesquels une voiture peut effectuer un parcours de 200 kilomètres. L'énergie spécifique est de 50 à 70 watts-heures par kg. d'élément. Les intensités anormales ne l'endommagent pas et ne font que peu baisser la tension. Quand la batterie est déchargée, il suffit de 15 à 30 minutes pour la régénérer.

Méthode pour augmenter l'activité de la matière en oxydes ou hydrates métalliques mauvais conducteurs dans les accumulateurs à électrolyte invariable, par ERNST WALDEMAR JUNGNER. Brevet anglais n° 21403, du 5 octobre 1904. — Priorité du 31 octobre 1903 (déclaration en Suède). (*Centralblatt f. Accumulatoren*, t. VI, p. 5, 1^{er} janvier 1905). — Lorsqu'on se contente de mélanger l'oxyde avec le graphite en paillettes, puis de comprimer, ou encore lorsqu'on recouvre le graphite du métal, on obtient une résistance encore élevée parce qu'il n'y a que les parties en contact immédiat avec les paillettes qui sont actives pendant que la plus grande quantité de matière reste non conductrice. Pour rendre également active celle-ci, on mélange ici intimement l'oxyde et du graphite finement pulvérisé avant l'introduction du graphite en paillettes. On prend, par exemple, pour 32 parties d'hydrate de nickel, 4 parties de graphite en poudre chimiquement pur et 14 parties de graphite pur cristallin.

Sur la construction des alternateurs à faible vitesse et faible tension (*Electrical Review*, Londres, t. LVI, p. 430, 17 mars). — Dans cet article, l'auteur, E.-K. Scott, expose quelques remarques sur les proportions que l'on se trouve obligé d'adopter dans la construction de ces alternateurs. Ainsi, un alternateur dont la vitesse angulaire est de 85 t/m doit avoir 70 pôles pour donner des courants diphasés de fréquence 50. Si l'on veut une tension de 250 volts avec une armature de 350^{mm} de diamètre et 40^{mm} de large, le nombre de conducteurs par pôle se trouve n'être que deux; en d'autres termes, il ne faut qu'une bobine par pôle et par phase. Si la vitesse angulaire est accrue jusqu'à 120 t/m, on ne peut, contrairement à une idée trop répandue, diminuer la longueur de l'armature tant que l'on s'impose la fréquence 50, car le nombre de bobines dépend du nombre de pôles, et il n'est pas possible d'avoir moins d'une bobine par pôle.

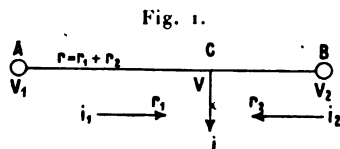
Remplacement des bobines d'armature d'alternateurs (*Electrical Review*, Londres, t. LVI, p. 645, 21 avril). — Cette opération, relativement facile quand les encoches sont ouvertes, présente d'assez grandes difficultés lorsque les encoches sont fermées. M. Kilburn Scott recommande, dans ce cas, le procédé suivant fort employé en pratique : 1° placer les tubes de micanite dans les deux encoches où doit passer l'enroulement; 2° couper des bouts de fil de même diamètre que le conducteur devant former l'enroulement et en glisser dans chaque encoche un nombre égal à celui des spires de l'enroulement; la longueur des bouts de fil doit être telle que ceux-ci dépassent de 2^{mm} à 3^{mm} les extrémités de l'encoche; 3° prendre une longueur du conducteur à enrouler suffisante pour faire complètement l'enroulement et les connexions; 4° bien arrondir et polir les deux extrémités de ce conducteur de manière qu'elles ne détériorent pas l'isolant dans les opérations suivantes; 5° enlever un des bouts de fil de l'une des encoches (de préférence celui le plus proche de l'entrefer) et glisser à sa place l'une des extrémités du conducteur à enrouler; tirer celui-ci jusqu'à faire passer la moitié de sa longueur; rouler grossièrement la moitié restante et l'attacher de façon à ne pas gêner les opérations ultérieures; 6° enlever un des bouts de fil de la seconde encoche; glisser à sa place l'extrémité libre du conducteur à enrouler; ensuite faire passer celle-ci dans la première encoche dont on a enlevé un nouveau fil; continuer ainsi jusqu'à ce que la moitié de l'enroulement soit terminée; 7° répéter la même opération pour la seconde moitié de l'enroulement; 8° effectuer les soudures de connexions.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

La distribution des tensions et des courants dans les réseaux conducteurs fermés, par FELDMANN et HERZOG. Communication faite au Congrès international électrique de Saint-Louis (19 pages, 17 fig.).

Le problème a été étudié par Gauss, Kirchhoff, Maxwell et d'autres savants; mais les auteurs ont pu se rendre compte que les solutions générales proposées étaient difficiles à appliquer par l'ingénieur aux cas concrets de la pratique. Les auteurs se proposent d'établir quelques théorèmes, susceptibles de montrer la manière de traiter les réseaux au point de vue technique, avec le moins de calculs possible.

I. Les auteurs considèrent d'abord une distribution fictive où les nœuds sont débarrassés des courants de charge qui y aboutissent. Dans la figure 1,



AB représente le conducteur d'un réseau, dont les potentiels extrêmes sont V_1, V_2 , et sur lequel un courant I est pris à un point C de potentiel V . La résistance totale du conducteur étant r , celles des deux parties, r_1, r_2 , avec des courants i_1, i_2 , on a

$$I = i_1 + i_2, \\ V = V_1 - i_1 r_1 = V_2 - i_2 r_2,$$

d'où l'on tire

$$(1) \quad \begin{cases} i_1 = I \frac{r_2}{r} + \frac{V - V_2}{r}, \\ i_2 = I \frac{r_1}{r} - \frac{V_1 - V}{r}. \end{cases}$$

Les premiers termes des seconds membres représentent l'intensité des courants qui circuleraient dans AB, si les potentiels V_1, V_2 étaient égaux, ou si les points A, B coïncidaient. Les seconds termes représentent les courants qui circuleraient de A vers B, si le conducteur ne renfermait aucun récepteur : on peut appeler ce courant le courant *à vide* de la ligne.

Si l'on interprète les courants $I \frac{r_2}{r}, I \frac{r_1}{r}$ comme les composantes du courant I , on peut les supposer issus des points A, B, ou y concourant, sans produire aucune modification dans les conditions du réseau au delà des points A, B (1). En appelant R la résistance composée de r_1, r_2 supposées en parallèle,

(1) J. HERZOG, *Elektrotech. Zeitsch.*, 6 janvier 1893.

de sorte que

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2},$$

on peut écrire les premiers termes ci-dessus sous la forme

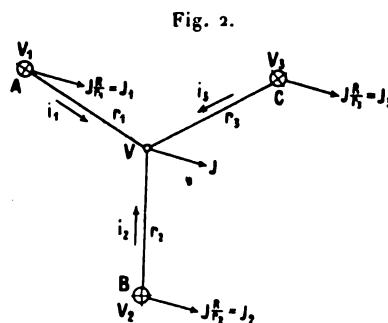
$$I \frac{R}{r_1}, \quad I \frac{R}{r_2},$$

qui donne immédiatement l'expression pour un nœud à nombre quelconque de branches.

L'équation montre donc que la distribution finale des courants peut être considérée comme équivalant à la superposition de deux distributions partielles, l'une avec charge et potentiels égaux, l'autre avec potentiels inégaux mais sans charge.

De la même manière, les distributions particulières résultant de l'emploi successif de voltages et de récepteurs différents peuvent être superposées dans le réseau entier. Cet important principe, qui se traduit par le caractère linéaire des équations, est dû à Smassen, Helmholtz, etc.; son interprétation approfondie apporte quelque clarté dans le problème complexe de la distribution dans les réseaux.

Dans le cas d'un nœud multiple, le théorème reste



le même. Ainsi, pour un nœud à trois branches où les courants sont respectivement (fig. 2)

$$i_1 = \frac{V_1 - V}{r_1}, \quad i_2 = \frac{V_2 - V}{r_2}, \quad i_3 = \frac{V_3 - V}{r_3},$$

le récepteur branché au nœud reçoit un courant

$$I = i_1 + i_2 + i_3 = \frac{V_1}{r_1} + \frac{V_2}{r_2} + \frac{V_3}{r_3} - V \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \right),$$

ou, si l'on désigne par R la résistance composée résultant de la mise en quantité de r_1, r_2, r_3 , on a

$$V = \left(\frac{V_1}{r_1} + \frac{V_2}{r_2} + \frac{V_3}{r_3} - I \right) R$$

pour l'expression du potentiel au nœud; on en tire

$$(2) \quad i_1 = \frac{V_1}{r_1} - \frac{R}{r_1} \sum \frac{V_n}{r_n} + I \frac{R}{r_1} = I_1 + I \frac{R}{r_1}$$

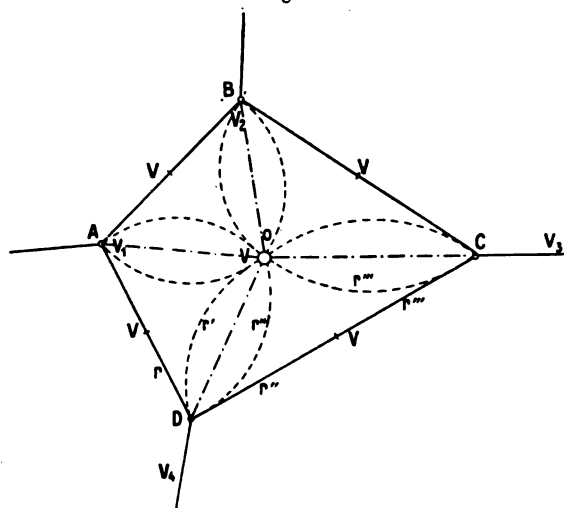
et des expressions analogues pour i_2, i_3 .

Les courants i_1, i_2, i_3 peuvent donc être considérés comme la superposition de courants à *vide* I_1, I_2, I_3 , dépendant seulement des potentiels en A, B, C, extrémités des branches et des résistances r_1, r_2, r_3 de ces dernières, et de courants $I \frac{R}{r_1}, I \frac{R}{r_2}, I \frac{R}{r_3}$ dont les valeurs ne dépendent que du courant pris au nœud et de la résistance des branches et nullement des potentiels.

Les composantes du courant nodal peuvent, par conséquent, être transportées aux nœuds voisins tels que A, B, C sans que les potentiels soient modifiés. On peut de même remplacer la charge nodale par des charges composantes réparties aux nœuds voisins, ces composantes étant déterminées comme on vient de le voir.

II. Les auteurs abordent ensuite la transformation de réseaux en d'autres à résistances équivalentes. Ainsi, si l'on veut transformer une résistance polygonale ABC... (fig. 3) en une combinaison étoilée,

Fig. 3.



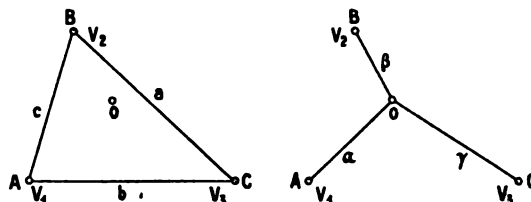
de telle sorte que ni les courants, ni les potentiels ne soient modifiés à l'extérieur du polygone, on fixera sur chaque conducteur AB, BC, ... un point de potentiel V égal à celui du nœud O, que l'on désire former; puis on connectera ces points équivalents de telle sorte qu'ils coïncident. Si l'on applique cette idée à tout polygone donné, on voit que les résistances des branches de l'étoile formée ainsi dépendent toujours des potentiels des nœuds A, B, C, ..., et l'on trouve que le triangle est la seule figure comportant une transformation indépendante de ces potentiels; cette transformation a été donnée par A.-E. Kennelly ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ *Electrical World and Engineer*, t. XXXIV, 1899, p. 268 et 413; *La Revue électrique*, t. I, p. 81, 15 fév. 1904.

Pour pouvoir remplacer deux parties d'un réseau ayant les mêmes nœuds A, B, C, D, ... et les mêmes potentiels $V_1, V_2, V_3, V_4, \dots$ par des résistances équivalentes, sans modifier le reste du réseau, il suffit que les résistances des deux parties du réseau soient égales entre chaque paire de nœuds AB, AC, BC, ...

Pour le prouver, supposons qu'il n'existe que deux potentiels V_1, V_2 et que $V_3 = V_4 = 0$; on cherchera la distribution particulière des courants de chaque paire et on les superposera. Pour un triangle et un nœud triple, on obtient les éléments de la figure 4. Si le potentiel en C, $V_3 = 0$, et si les

Fig. 4 et 4 a.



nœuds A et B ont des potentiels V_1, V_2 respectivement, la résistance combinée de c en parallèle avec $(a + b)$ du triangle doit être égale à la résistance $\alpha + \beta$ du nœud de l'étoile; ce qui donne

$$\frac{1}{c} + \frac{1}{a+b} = \frac{1}{\alpha+\beta}$$

ou

$$\alpha + \beta = c \frac{a+b}{a+b+c}.$$

De même, si les deux transformations des résistances entre A et C, avec les potentiels V_1, V_3 et $V_2 = 0$, doivent être équivalentes, il faut

$$\alpha + \gamma = b \frac{c+a}{a+b+c},$$

d'où, en retranchant membre à membre,

$$\beta - \gamma = a \frac{c-b}{a+b+c}.$$

Mais, comme entre C et B, avec les potentiels V_3, V_2 et $V_1 = 0$, on doit avoir

$$\beta + \gamma = a \frac{b+c}{a+b+c},$$

on trouvera

$$\beta = \frac{ac}{a+b+c};$$

donc la résistance de chaque branche de l'étoile équivalente est égale au produit des résistances adjacentes du triangle divisé par la résistance du périmètre.

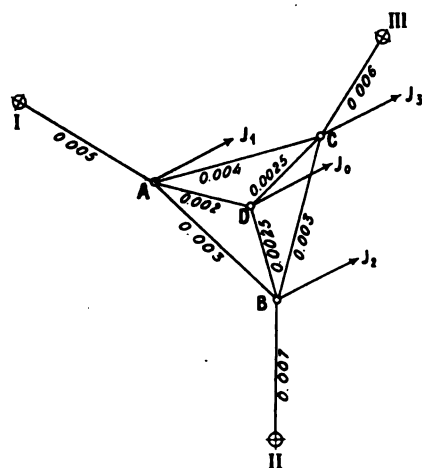
Pour transformer une connexion étoilée en une connexion triangulaire équivalente, on emploie la formule

$$a' = \frac{\beta' \gamma'}{\alpha' + \beta' + \gamma'},$$

où les lettres accentuées désignent les conductances correspondantes à a, b, c ($a' = \frac{1}{a}$)⁽¹⁾.

III. EXEMPLES. — Considérons le réseau de la figure 5 avec les points d'alimentation I, II, III et les

Fig. 5.



nœuds A, B, C, D où sont pris des courants I_1, I_2, I_3, I_4 .

Les résistances sont indiquées sur la figure.

On débarrasse le nœud D de sa charge I_0 , en chargeant les nœuds adjacents A, B, C au moyen des composantes

$$I_A = I_0 \frac{0,00077}{0,002} = 0,385 I_0,$$

$$I_B = 0,308 I_0,$$

$$I_C = 0,308 I_0,$$

où

$$0,00077 = \frac{1}{0,002} + \frac{1}{0,0025} + \frac{1}{0,0025}.$$

Les courants totaux agissant aux nœuds A, B, C peuvent être désignés par

$$I' = I_1 + I_A,$$

$$I'' = I_2 + I_B,$$

$$I''' = I_3 + I_C.$$

L'étoile (0,002; 0,0025; 0,0025) de la figure 5 est alors remplacée par le triangle équivalent (0,0065; 0,0065 et 0,0081) de la figure 6, où les

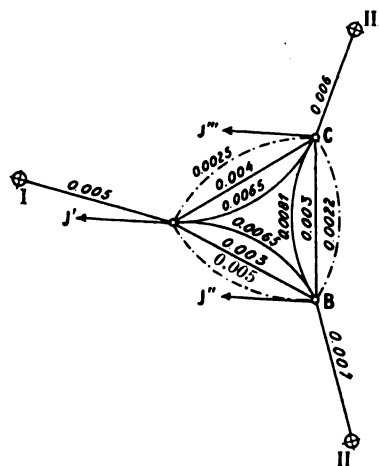
côtés sont obtenus d'après les formules précédentes de transformation

$$\frac{1}{0,002} + \frac{1}{0,0025} + \frac{1}{0,0025} = 0,0065.$$

$$\frac{1}{0,002} + \frac{1}{0,0025} = 0,0065.$$

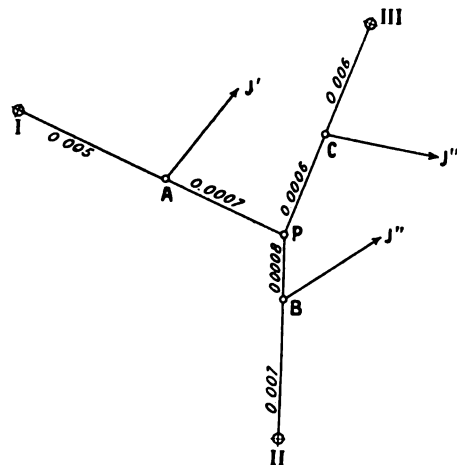
Nous avons maintenant deux branches en parallèle

Fig. 6.



entre les nœuds deux à deux, et pouvons y substituer la résistance équivalente, indiquée par les branches pointillées de la figure 6. En transformant le nouveau triangle ABC en l'étoile équivalente PABC, nous obtenons la distribution de la figure 7.

Fig. 7.



Portons maintenant la charge I' en I et P, et de même, I'' en II et P, I''' en III et P, on obtient les

8...

(1) La Revue électrique, loc. cit.

six composantes

$$I'_1 = I' \frac{0,00077}{0,005 + 0,007} = 0,123 I',$$

$$I''_1 = 0,102 I',$$

$$I'''_1 = 0,09 I''$$

et

$$I'_P = I' - 0,123 I' = 0,877 I',$$

$$I''_P = 0,898 I',$$

$$I'''_P = 0,91 I'',$$

donc

$$I_P = 0,877 I' + 0,898 I' + 0,91 I''.$$

Si les potentiels en I, II, III sont égaux nous pouvons réunir ces points et nous aurons alors la connexion en parallèle des résistances (0,005 + 0,0007); (0,007 + 0,0008); (0,006 + 0,0006); cette résultante de tout le réseau équivaut à 0,0022 et donne pour les courants circulant dans les conducteurs I-P, II-P, III-P, respectivement, les valeurs

$$I_P \frac{0,0022}{0,0057} = 0,37 I_P, \quad I_P \frac{0,0022}{0,0078} = 0,29 I_P,$$

$$I_P \frac{0,0022}{0,0066} = 0,33 I_P.$$

Les courants dans I-A, II-B, III-C sont donc

$$(0,37 I_P + 0,123 I'); \quad (0,29 I_P + 0,102 I'); \\ (0,33 I_P + 0,09 I''),$$

et si l'on substitue les valeurs

$$I' = I_1 + 0,385 I_0; \quad I'' = I_2 + 0,308 I_0;$$

$$I''' = I_3 + 0,308 I_0$$

et

$$I_P = 0,877 I_1 + 0,898 I_2 + 0,91 I_3 + 0,893 I_0,$$

on obtient, pour l'expression des courants cherchés, les équations suivantes, en fonction des charges variables I_1, I_2, I_3, I_0 ,

$$I_{IA} = (0,447 I_1 + 0,330 I_2 + 0,337 I_3 + 0,337 I_0),$$

$$I_{IIB} = (0,254 I_1 + 0,359 I_2 + 0,264 I_3 + 0,290 I_0),$$

$$I_{IIC} = I_1 + I_2 + I_3 + I_0 - I_{IA} - I_{IIB}.$$

Si les potentiels des points d'alimentation I, II, III ne sont pas égaux, il sera nécessaire d'effectuer une autre transformation de l'étoile en triangle.

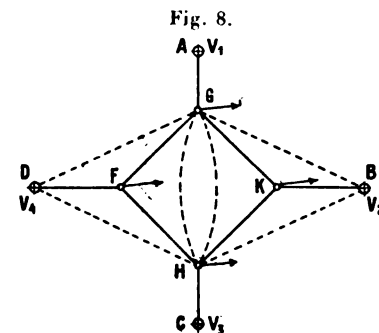
Il est à remarquer que toutes les questions concernant l'influence de charges variables dues à l'extinction de lampes, mise en marche ou arrêt de moteurs, et au déplacement du point de prise de courant d'une charge fixe ou variable comme dans un moteur de tramway, peuvent être discutées complètement grâce à la linéarité des expressions. Si l'on cherche à exprimer le voltage de chaque nœud

en fonction des charges, on l'obtiendra également sous forme linéaire en fonction du courant (*).

IV. Dans ce qui précède il n'a été question que de résistances ohmiques, mais il est évident que les procédés décrits s'appliquent à des circuits quelconques, à condition de considérer les résistances inductives comme des quantités vectorielles ou complexes, suivant les définitions introduites dans l'Électrotechnique par Ch.-P. Steinmetz.

V. Dans la plupart des cas de la pratique, les réseaux peuvent être sectionnés en portions susceptibles d'être traitées complètement d'après les méthodes précédentes. Mais, pour obtenir la distribution finale des courants et des voltages de l'ensemble du réseau, une recherche spéciale s'impose en vue de l'interconnexion des diverses portions.

Dans la figure 8, le quadrilatère GKJIF est alimenté par les quatre points A, B, C, D, de potentiels V_1, V_2, V_3, V_4 . Débarrassons de leurs charges les points G, H et transformons les étoiles F et K en triangles équivalents, comme le montre la figure 8;



nous obtenons le réseau de la figure 9, qui peut être traité aisément en coupant la liaison p_x entre G et H, et en ajoutant un courant de substitution indéterminé $+I_x$ et $-I_x$ à chaque étoile G et H. Les voltages en G et H sont

$$V_x^I = a_1 + b_1 I_x,$$

$$V_x^{II} = a_{II} - b_{II} I_x.$$

Leur différence est donc

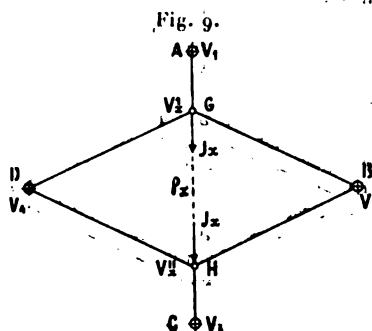
$$(a_1 - a_{II}) + (b_1 + b_{II}) I_x = I_x p_x,$$

d'où l'on tire aisément I_x .

(*) Les auteurs donnent encore un exemple intéressant comprenant un réseau à quatre mailles et six nœuds. Le procédé est, toujours le même et, consiste à simplifier le réseau de proche en proche en substituant aux trois nœuds d'un triangle le nœud unique d'une étoile à trois branches, à arriver finalement à une maille unique dont tous les éléments de distribution sont faciles à déterminer, et à remonter avec ces données, toujours de proche en proche, au réseau primitif.

L'on traite de la même manière des cas plus compliqués.

S'il y a plus de deux connexions, le nombre des équations s'accroît en conséquence; mais la méthode



reste la même si, au lieu de simples conducteurs, les connexions s'effectuent par l'intermédiaire de mailles ou de réseaux.

Il y a, en général, deux façons d'expliquer la constitution d'un réseau. La première a pour point de départ les nœuds et considère les conducteurs comme simples liaisons entre ces nœuds, qui sont, soit des points d'alimentation à potentiel connu, soit des nœuds libres dont le potentiel est déterminé par les courants de circulation.

La seconde méthode envisage des mailles particulières qui par leur liaison forment des nœuds à potentiel propre. La première méthode conduit à la détermination des courants dans les conducteurs, la seconde à celle des potentiels des nœuds. La solution des équations obtenues par ces considérations conduit au calcul de déterminants, que, déjà en 1847, Kirchhoff tenta de simplifier. La méthode des auteurs correspond à une résolution physique des équations, où l'on élimine des inconnues dans des équations linéaires incomplètes. Quand ils transforment un triangle en étoile, ils ouvrent une maille, et dans l'opération inverse ils éliminent un nœud avec son voltage inconnu, et cette méthode de transformation correspond au double procédé de recherche des courants et des potentiels.

Comme, en pratique, les réseaux contiennent toujours un faisceau incomplet de connexions entre leurs nœuds, les transformations précédentes, combinées avec le principe de la division des réseaux en sections, suffiront dans la plupart des cas pour la solution complète du problème. P.-L. C.

Sur l'influence de la subdivision de l'étincelle et de la capacité sur les décharges par limiteurs de tension, par le Dr G. BENISCHKE (*Elek. Zeitschr.*, t. XXVI, p. 7, 5 janv.). — Dans une installation électrique de Bakou, dont le réseau consiste en conducteurs aériens et en câbles, on constatait fréquemment des surtensions exceptionnelles, coïncidant avec des tourbillons de poussière régnant pendant la plus grande partie du temps dans la région, et sans

doute dues au frottement des innombrables particules sur les conducteurs aériens. Pour combattre ces surtensions, on fit d'abord usage de limiteurs de tension constitués de plusieurs rouleaux pour subdiviser l'étincelle. Or, non seulement on n'obtint aucun succès, mais encore on constata que le remède était pire que le mal. En remplaçant ces limiteurs par ceux de l'A. E. G. à étincelle unique et résistance d'eau, on put rendre inoffensives les surtensions. L'auteur cherche à expliquer ce fait : — Pour qu'un limiteur de tension soit sensible, il faut qu'il possède une longueur d'étincelle relativement courte; mais, d'autre part, si la résistance de l'étincelle est trop faible, la décharge de la surtension est oscillante et provoque de nouvelles surtensions. Un bon limiteur doit être construit de telle façon que, malgré sa grande sensibilité, il possède une résistance d'amortissement suffisante pour que la décharge de la surtension soit aperiodique. Or, Slaby a montré que la résistance d'amortissement diminue lorsqu'on substitue à l'étincelle unique une série de petites étincelles disposées en tension. Par exemple, en remplaçant une étincelle unique de 10 mm correspondant à une tension de 30000 volts par une série de 3 étincelles de 2 mm,5 chacune et correspondant également à la tension de 30000 volts, la résistance d'amortissement passe de 15 à 0,6 ohm. On peut, il est vrai, remédier à cette diminution en augmentant la résistance disposée en tension pour éviter le court-circuit du réseau; mais alors on rend le limiteur moins efficace, les grandes quantités d'électricité dues aux surtensions n'étant pas conduites assez rapidement à la terre. — Dans son travail, Slaby a montré aussi que la résistance d'amortissement, pour une même tension, baisse lorsque la capacité croît. C'est qu'en effet, malgré la même intensité de courant, une plus grande quantité d'électricité se décharge à cause de la plus grande capacité et, par suite, il survient un échauffement plus considérable du chemin des étincelles. — Un bon limiteur doit donc être à étincelle unique et doit renfermer la plus faible capacité possible dans son circuit d'oscillations. — Quoi que dans les parafoudres les distances soient beaucoup plus grandes que dans les limiteurs et, par suite, aussi la résistance d'amortissement, les considérations précédentes s'appliquent néanmoins et c'est pour cette raison que les parafoudres à cornes sont trouvés meilleurs que tous les autres. — Une autre circonstance contribue à rendre plus défavorables les dispositifs à étincelles multiples. D'après les photographies de Walter, on constate que l'étincelle n'éclate pas brusquement en une fois, mais d'une façon intermittente avec des décharges préliminaires qui, pour ainsi dire, ouvrent la voie. Il est clair que pour cette action de décharges intermittentes, il faudra d'autant plus de temps qu'il y aura d'étincelles en tension. La décharge atmosphérique ou la surtension pourra donc percer l'isolement en un point avant d'avoir été complètement éliminée. — L'influence de la capacité sur la résistance d'amortissement peut être rapprochée de l'influence parfois considérable de la capacité sur la distance explosive dans l'air, qui peut être si grande que l'influence de la forme des électrodes disparaît complètement devant elle. Ces conditions sont réalisées quand la capacité est suffisante pour former, avec la self-induction des appareils, des machines ou des transformateurs, un circuit oscillatoire. — Deux circonstances sont nécessaires pour obtenir des longueurs anormales d'étincelles : d'abord une capacité et une self-induction suffisantes dans le circuit de décharge et, deuxièmement, la possibilité de décharges préliminaires. Si la première condition fait défaut, on n'a pas un potentiel suffisamment élevé. Au contraire, si la deuxième condition manque, il ne se produit pas de décharges par étincelles malgré la haute tension, mais seulement des aigrettes. Ces deux conditions, mais particulièrement les décharges préliminaires, dépendent de la forme des électrodes. L. J.

Propagation des ondes dans les longs câbles, par A. BLONDEL (Communication faite à la séance du 5 avril de la Société internationale des Électriciens). — Ce problème n'a qu'un rapport théorique avec les phénomènes dont les réseaux de transmission actuels, encore limités à de faibles longueurs, sont le siège. Aussi ne ferons-nous que signaler cette Communication dans laquelle M. Blondel, partant des exponentielles imaginaires, donne une solution graphique assez simple des deux équations classiques qui donnent la loi de variation de la tension et du courant dans un long câble. J. B.

Sur la mise à la terre des canalisations secondaires (*Electrical World and Engineer*, t. XLV, p. 666 et 671, 8 avril). — Dans le cas des canalisations alimentées par transformateurs abaisseurs de tension, il est toujours à craindre que, par suite d'un défaut d'isolement, le circuit à haute tension ne vienne en contact avec le réseau de distribution. Aux États-Unis, plusieurs accidents ont eu pour cause un contact de ce genre, et, dans tous les cas, les tribunaux ont rendu les Compagnies exploitantes responsables de ces accidents. Aussi la Compagnie d'assurances New England Insurance Exchange vient-elle de publier une circulaire obligeant à relier à la terre un des conducteurs de la distribution secondaire, le fil neutre si la distribution est à trois fils, l'un quelconque des deux conducteurs si elle n'en comporte que deux. Cette circulaire fixe les conditions suivant lesquelles cette liaison à la terre doit être effectuée; elle insiste sur la nécessité de faire cette liaison le plus près possible de l'origine des canalisations intérieures des abonnés et de la réaliser sur un point d'une conduite d'eau située à l'extérieur des maisons d'habitation. — Cette pratique de la mise à la terre, fort discutée depuis quelques mois aux États-Unis, semble bien offrir l'avantage d'une protection efficace des canalisations secondaires contre un défaut d'isolement entre ces canalisations et le réseau de haute tension, car, quand un tel défaut se produit, ce dernier réseau se trouve lui-même mis à la terre, et l'usine génératrice s'en trouve avertie; mais, comme le fait remarquer notre confrère dans une note éditoriale, elle a, par contre, l'inconvénient d'augmenter les dangers de détériorations des conduites d'eau par électrolyse, et, pour cette raison, il est douteux qu'elle soit acceptée par les municipalités.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : BODDE. USAP. 781805, 18 nov. 1903. — DIXON. BP. 28319, 1904. — DOWIE. USAP. 782550, 19 avril 1904. — HALLBERG. USAP. 779475. — LYNDON. USAP. 782456, 24 mars 1904 (distribution par accumulateurs). — MAGINI. BF. 318522, 22 nov. 1904 (mode d'application d'un contrôleur à des transmissions électriques de toutes sortes). — STONE. USAP. 781919, 30 sept. 1904. — THERELL. USAP. 779508.

Prises de courant : LAHMEYER. DRP. 159003, 10 mai 1904 (contact). — LE MANQUAIS. BP. 28543, 1904; USAP. 782255, 15 janvier 1904 (boîte de jonction). — PEDERSEN. BP. 5308, 1904 (contact). — RENAULT. BP. 29058, 1904 (bornes). — ROBB. USAP. 782417, 1^{er} juin 1903 (boîte de jonction). — RYERSON. USAP. 782524, 25 mai 1904 (prise de courant).

Interrupteurs : ALLGEMEINE ELECTRICITAETS GESELLSCHAFT. DRP. 159025, 6 sept. 1903 (interrupteur automatique). — KUHLO. DRP. 159001, 11 mars 1904 (interrupteur à mercure). — REYNDERS. DRP. 158983, 20 sept. 1903 (interrupteur automatique).

Commuteurs : ALTMANN. DRP. 159115, 30 sept. 1904. — BELL. USAP. 781993, 9 oct. 1903. — DICK. BP. 6857, 1904. — DORMAN, SMITH et BAGGS. BP. 26820, 1904. — EASON. BP. 27348, 1904. — ELEKTRIZITAETS et C^{ie}. BP. 22171, 1904. — GORE. BP. 6748 et 8714, 1904. — LINDQVIST. BP. 27000,

1904. — LONDON ELECTRIC SUPPLY CORPORATION LD et PARTRIDGE. BP. 6433, 1904. — RUTH. USAP. 783080, 2 juin 1903. — SIEMENS-SCHUCKERT WERKE. DRP. 159167, 31 janv. 1904. — SCHWEIZ. ACCUMULATORENWERKE TRIBELHORN. DRP. 159312, 26 avril 1904 (commutateur pour réducteur). — TALBOT et MONDEY. BP. 3147, 1904.

Résistances et Rhéostats : ARON. DRP. 159114, 3 avril 1904. — THOMPSON. BP. 12707, 1904. — VALKENBURG (VAN). USAP. 782887, 6 juin 1904. — WEAVER. DRP. 159002, 7 mai 1904.

Coupe-circuit : ANDREWS. BP. 3460, 1904. — KLIGEL (A.-T. et J. H.). USAP. 782857, 4 août 1904. — LOCKWOOD et LUTZ. USAP. 782038, 28 oct. 1903 (coupe-circuit thermique).

Fusibles : DAVIES. BP. 5298, 1904. — HERBERT. BP. 26538, 1904. — KRAMER. USAP. 781347, 5 janv. 1904.

Parafoudre : CARSON. BF. 347695, 5 nov. 1904 (bobine de self plus spécialement destinée à être adjointe aux parafoudres des lignes électriques).

Dispositifs de sûreté divers : BARRY. USAP. 781931, 15 juil. 1904 (dispositif de protection contre les courts-circuits). — KORTLER. DRP. 157912 et 158416, 6 avril 1904 et 24 oct. 1903 (dispositif de sûreté pour réseaux continus et alternatifs). — LAHMEYER et C^{ie}. DRP. 158982, 28 juin 1903 (dispositif de sûreté contre les surtensions dues à la mise en circuit des moteurs). — ROLFE. USAP. 783315 et 783388, 21 avr. 1900 et 2 janv. 1902. — SCHAFFER. BF. 348571, 5 déc. 1904 (dispositif pour empêcher les effets nuisibles des courts-circuits dans les réseaux de distribution). — SIEMENS SCHUCKERT WERKE GESELLSCHAFT MIT BESCHRANKTER HAFTUNG. BF. 318894, 3 déc. 1904 (circuit à vibration pour augmenter la portée des appareils de sûreté contre les excès de tension). — SIEMENS-SCHUCKERT WERKE. BF. 347561, 31 oct. 1904 (système protecteur des conducteurs d'électricité contre des excès de tension). — SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES. BF. 348326, 13 déc. 1904 (appareil de protection pour circuits électriques). — TRAU et SOHNE. DRP. 159143, 21 fév. 1904 (protecteur pour câbles).

Régulateurs et appareils de contrôle : BROWN, BOVERI et C^{ie}. BP. 9306, 1904 (régulateur de courant). — CONSOLIDATED RAILWAY ELECTRIC LIGHTING AND EQUIPMENT COMPANY. DRP. 157842, 22 août 1903 (régulateur de courant). — EASTWOOD. USAP. 779267, 9 août 1904 (contrôleur de courant). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. DRP. 158415, 16 oct. 1902 (régulateur automatique de tension). — LACEY. USAP. 779720, 9 nov. 1903 (régulateur de voltage). — LAHMEYER et C^{ie}. DRP. 158286, 19 juin 1903 (régulateur de charge). — LA COUR. BP. 131, 1904 (régulateur de courant). — MERRILL. USAP. 775453, 11 juin 1902 (régulateur de dynamo). — RICHARDS. USAP. 778333, 11 avril 1903 (régulateur de courant). — PRESTED. BP. 25106, 1904 (régulateur de courant). — SCHNEIDER. BP. 20689, 1903; DRP. 158730, 8 juin 1904 (régulateur de tension). — SOCIÉTÉ COOPER HEWIT. BF. 348266, 25 nov. 1904 (procédé perfectionné pour augmenter les variations d'énergie dans les circuits électriques). — STUART. BP. 19997, 1904 (régulateur de voltage). — BURNS. BF. 348934, 14 déc. 1904 (contrôleur de puissance maximum pour canalisations électriques). — CERVERA. BF. 318308, 26 nov. 1904 (régulateur disjoncteur électro-magnétique). — LAUR. BF. 318947, 3 sept. 1904 (appareil pour varier le potentiel et renverser le courant). — MULLENDORF. DRP. 158958, 7 av. 1904 (régulateur de tension sur les feeders). — PFINGST. USAP. 781785, 4 avr. 1904 (contrôleur de circuit).

Appareils divers : BERRY. BP. 2096, 1904 (distributeur de courant). — BOUTNY. BF. 348318, 30 nov. 1904 (baguette de protection pour fils conducteurs d'électricité). — PRESTED. BP. 25105, 1904 (système pour reconnaître les pôles).

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

BREVETS RÉCENTS.

Moteurs : ALEXANDERSON. USAP. 785532 et 785533, 12 et 13 août 1904 (moteur synchrone et enroulement à deux vitesses pour moteur triphasé). — ARNOLD et LA COUR. BF. 349361, 8 déc. 1903 (moteur monophasé compensé à collecteur). — BAUMANN. BP. 19525, 1904 (moteur). — BOULT. BP. 12322, 1904 (moteur). — DENGLE et SCHMIDT. USAP. 784308, 12 sept. 1904 (moteur). — FLYNN. DRP. 158909, 4 août 1903 (moteur à courant alternatif avec commutateur et bagues). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 8399 et 8402, 1904 (moteur à courant alternatif). — JIGOUZO. DRP. 158910, 4 nov. 1903 (moteur d'induction). — KLEMM et REISS. USAP. 785004, 26 mai 1904 (moteur). — KÖNER. USAP. 781008, 18 mai 1904 (moteur). — KRIZIK. BP. 10551, 1904 (moteur). — LATOUR. BF. 348320, 28 nov. 1904 (perfectionnements aux moteurs à courants alternatifs à collecteurs). — KRUYSWIJK. DRP. 158984, 6 mai 1904 (moteur à champ tournant). — LAYMAN. USAP. 784056, 28 déc. 1903 (moteur). — LATOUR. BP. 2471, 1904 (moteur à courant alternatif). — LAMME. BP. 27705, 1904 (moteur). — LEWIS. BF. 348580, 5 déc. 1904 (perfectionnements dans les moteurs du type à induction). — LUNDELL. USAP. 782863, 11 janvier 1904 (moteur à courant alternatif). — MAJOR et COULSON LD. BP. 1904 (moteur). — REIST. USAP. 782054, 11 juillet 1904 (moteur d'induction). — SAMUELS. USAP. 781622, 31 mai 1904 (moteur). — SIEMENS BROS. and CO LIMITED. BP. 22653, 1904 (moteur). — SOCIÉTÉ ANONYME POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX. BP. 28453, 1904 (moteur). — THOMSON-HOUSTON. BF. 349283, 29 nov. 1904 (système pour améliorer les conditions de marche des moteurs alternatifs). — WINCKLER. DRP. 159061, 9 juin 1904 (mise en court-circuit des moteurs d'induction). — *Démarrage, régulation et freinage :* ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. DRP. 159058, 18 nov. 1903 (freinage des moteurs à répulsion). — DUM. BP. 3919, 1904 (régulateur de vitesse). — FAUVIN, AMIOT and CHENEUX. BP. 13485, 1904 (régulateur électrique). — HOWORTH. BP. 5731, 1904 (régulateur électrique). — JAMES. BP. 983, 1904 (régulateur). — LINDQUIST. DRP. 159611, 3 juillet 1903 (démarrage automatique des moteurs à courant alternatif). — MILCH. USAP. 783121, 10 août 1904 (contrôleur de moteur). — SAUTTER. USAP. 784009, 23 août 1904 (régulateur pour moteur à courant continu). — SPITDORF. USAP. 785056, 23 janvier 1904 (régulateur). — SOCIÉTÉ SIEMENS-SCHUCKERT WERKE GESELLSCHAFT m. B. H. 348447, 15 sept. 1904 (disposition pour assurer la mise en marche et le fonctionnement d'un certain nombre d'électromoteurs indépendants les uns des autres, dont le chargement subit de fortes variations). — THOMAS. USAP. 784447, 7 mars 1903 (dispositif pour maintenir le synchronisme entre les moteurs).

Électro-aimants : DAVID. BF. 349203, 17 décembre 1904 (électro-aimant régulateur). — HELD. DRP. 158869, 20 mars 1904 (électro-aimant à courant alternatif). — INTYRE (MAC). USAP. 781448, 29 oct. 1904. — KAISING. USAP. 784052, 17 oct. 1901. — LINDQUIST. BF. 349267 et 349268, 20 déc. 1904 (électro-aimant pour courant alternatif). — RIESELER. DRP. 159397, 27 sept. 1904 (électro-aimant). — SIPE. BF. 348749, 10 déc. 1904 (solénoïde). — THOMPSON. USAP. 785448, 2 août 1902 (dispositif pour établir ou supprimer progressivement le rayon d'action d'un électro-aimant). — WALLE. USAP. 784718, 29 déc. 1903. — WEBER. USAP. 784456, 1^{er} mai 1900 (électro-aimant et armature).

Machines et appareils : AMERICAN INVENTIONS CO. BP. 27842, 1904 (outils électriques). — ANDERSON. USAP. 785031, 26 déc. 1903. — BJORNSTAD. BP. 5374, 1904 (ascenseur électrique). — BRITSCH. USAP. 782593, 16 mai 1904

(mécanisme pour mise en marche et contrôle de vitesse des moteurs électriques). — BOROSJENÖ (VON). DRP. 159359, 3 mai 1904 (commande électrique des rouleaux compresseurs). — BUSH. BP. 6690, 1904 (ascenseur). — CAMPICHE. BP. 3449, 1904 (horloges électriques). — CARICHOFF. USAP. 783174, 9 août 1898 (mécanisme électrique de contrôle). — CASPER. USAP. 783102, 23 mars 1903 (mouvement alternatif par moteur électrique). — CENTNER. BP. 9964, 1904 (foreuse). — CHAUDOIR. BP. 4116, 1904 (grue). — CHURCHWARD. BP. 21796, 1904 (ascenseur électrique). — DABOO. BP. 5064, 1904 (commande électrique des aiguillages). — DAVIS. USAP. 783107, 29 mars 1904 (séparateur d'huile et autres impuretés des eaux de condensation). — DEWSON. USAP. 781134, 9 juin 1903 (contrôleur). — EASTWOOD. DRP. 159057, 8 juillet 1903; BP. 26699, 1904; USAP. 782731 et 782732, 27 août et 14 sept. 1904 (embrayage et contrôleur électrique). — GETTY. USAP. 783746, 26 mai 1902 (sonnerie électrique). — GRANGER. BP. 8398, 1904 (horloge électrique). — GUSTAFSON et CARLSTED. BP. 21580, 1904 (horloge électrique). — HIGHT. USAP. 781072, 7 janvier 1904 (horloge électrique se remontant automatiquement). — HOPKINSON. BP. 23182, 1904 (avertisseur d'incendie). — HUYCK. USAP. 784680, 4 juin 1903 (accouplement pour moteur de machine à coudre). — JESSOP. USAP. 779427 (machine à travailler les métaux). — KIEWERT. BP. 5294, 1904 (avertisseur). — LANGGUTH. USAP. 781077, 1^{er} février 1904 (séparateur de minerais). — LELARGE. USAP. 781437, 13 avril 1904 (machine pour séparer le coke des cendres). — LINDSTROM. USAP. 784869, 17 nov. 1904 (contrôleur pour appareil de levage). — LOEBL. BP. 28310, 1904 (sonnerie). — LONG ARM SYSTEM CO. BP. 13927, 1904 (commande électrique pour porte). — MANSON. USAP. 784872, 3 août 1903 (relais). — MOSLER. DRP. 159849, 27 juillet 1904 (relais). — NEWELL. USAP. 785180, 29 mars 1902 (aiguillage). — NORDENBERG. USAP. 784064, 16 sept. 1904 (fermeture électrique des portes). — PARSONS. USAP. 781154, 30 mars 1903 (contrôle de la marche des machines à piston ou des turbines conduisant des alternateurs couplés en parallèle). — REIMANN et GRABOSCH. DRP. 160143, 9 nov. 1901 (commande à distance). — RIBLET. USAP. 784227, 1^{er} août 1904 (éclairage pour visiter l'âme des armes à feu). — ROWLAND. USAP. 784502, 28 fév. 1898 (séparateur de minerais). — SALLIN. BP. 16820, 1904 (remontage électrique pour horloges). — SCHOLL. BP. 26262, 1904 (séparateur magnétique). — SETTER. USAP. 784635, 5 avril 1902 (relais). — SHEPHERD. USAP. 784186, 25 avril 1904 (thermostat). — SHONNARD. USAP. 778908 (instrument de musique automatique). — SIEMENS BROS. and CO LIMITED. BP. 26757, 1904 (sonnerie). — SIMATZSCHKE. DRP. 159202, 24 janv. 1904 (commande électrique). — SMALLEY. BP. 8549, 1904 (mécanisme électrique d'arrêt). — SNELL. USAP. 784357, 15 avril 1904 (contrôleur de signaux de chemins de fer). — SONG. BP. 27185, 1904 (embrayage électrique). — TAGGART (MAC). USAP. 783537, 15 août 1904 (contrôleur pour moteur électrique). — THOMPSON. USAP. 785446, 16 mai 1904 (block-système électromagnétique). — TIERNEY et MALONE. BP. 7428, 1904 (commande électrique des aiguillages). — USENER. BF. 349319, 21 déc. 1904 (appareil électrique indicateur à distance pour transmetteur d'ordres, boussoles et autres instruments). — WAGNER et BRAND. BF. 348944, 15 juin 1904 (dispositif interrupteur électromagnétique pour machines distributrices mécaniques, par exemple pour machines à composer et machines à distribuer en typographie). — WAGNER. USAP. 783001, 22 sept. 1904 (machine alternative). — WEBER. USAP. 784457 et 784508, 19 août 1904 (piano électrique). — WOOD. BP. 9377, 1904 (pédales électriques). — YOUNG. USAP. 782310, 12 déc. 1902 (mouvement tournant et alternatif).

TRACTION.

Le Congrès des tramways de Vienne.

L'Union internationale des tramways et des chemins de fer d'intérêt local a tenu à Vienne, en septembre dernier, sa treizième assemblée générale et vient de publier le compte rendu de ses séances. La traction électrique régnant actuellement en maîtresse sur les tramways et commençant à se répandre sur les lignes d'intérêt local, c'est d'elle qu'il est question dans le plus grand nombre des Rapports; aussi croyons-nous intéressant de passer en revue ces Rapports dont on trouvera l'analyse assez détaillée dans ce numéro et les suivants. Ils ont trait à des points particuliers de l'exploitation des tramways; ils ne contiennent point d'élégantes dissertations, mais des renseignements substantiels ayant de la valeur parce qu'ils sont le résultat des constatations de la pratique.

M. ZIFFER, président du Conseil des Chemins de fer de la Bukowina, à Vienne, a fait dans un très gros Rapport (voir p. 244) un exposé très complet de tous les types récents de voitures automotrices employées sur les lignes de chemins de fer d'intérêt local. Il n'est pas question dans ce rapport des lignes urbaines ou de tramways, mais des chemins de fer proprement dits où l'on a tendance à remplacer, sur les lignes à faible trafic, les longs trains remorqués par de vraies locomotives, par des convois courts composés d'une voiture automotrice circulant seule ou attelée de quelques voitures de remorque. Les trains électriques recevant du courant par des conducteurs aériens ou au niveau du sol ne rentrent pas dans cette catégorie, qui comprend seulement les voitures automotrices électriques à accumulateurs et celles à vapeur, essence et alcool. Les automotrices à accumulateurs occupent une très faible partie du Rapport et nous n'avons pas même jugé utile d'en reproduire la description (¹), parce que de l'avis unanime elles sont appelées à disparaître comme étant trop coûteuses et n'offrant pas assez de sécurité dans le service. Les voitures à alcool, à pétrole et à essence, et spécialement les deux dernières, se disputent seules la faveur des réseaux d'intérêt local; elles présentent chacune des avantages et des inconvénients qui se contrebalancent, comme on le verra; nous avons reproduit cette partie du Rapport parce qu'il est utile aux électriciens de connaître la valeur de leur concurrents; ils pourront d'ailleurs peut-être lutter bientôt avantageusement avec ceux-ci sur les longues lignes à faible trafic, comme le signale M. Ziffer (ce qu'ils ne pouvaient pas faire jusqu'à

présent), non pas à l'aide d'automotrices, mais de motrices à courant alternatif monophasé, car les voitures à vapeur et à pétrole ne sont pas sans présenter des inconvénients signalés dans le Rapport. Il est vrai qu'elles en sont encore au début et ont déjà reçu de nombreux perfectionnements de détail.

M. FOGOWITZ, de Vienne, a fourni en séance, par les chiffres d'exploitation des chemins de fer de la Basse-Autriche, la démonstration de l'économie que l'on peut réaliser par l'introduction de voitures automobiles ou automotrices (à vapeur dans le cas particulier) sur des lignes secondaires, économie qui atteint 25 à 40 pour 100.

M. LUTHLEN, commissaire général des Chemins de fer autrichiens à Vienne, qui commence par déclarer que, sur les tramways, l'avantage de la traction électrique est indiscutable (voir p. 246), est d'avis que sur les lignes de chemin de fer d'intérêt local les dépenses totales d'exploitation (y compris l'amortissement) par la traction électrique sont plutôt légèrement inférieures à ce qui est obtenu par la traction à vapeur; d'autre part la traction électrique, par sa souplesse remarquable, a toujours amené une augmentation notable de trafic, sur toutes les lignes où elle a été appliquée, à condition bien entendu que les éléments de cette augmentation de trafic existent à l'état latent. Lorsque cette condition se trouve réalisée par les circonstances locales il y a intérêt financier à électrifier la ligne: telle est la conclusion de l'auteur (¹).

Il est assez curieux de noter que M. PFORR, ingénieur en chef de l'Actien Elektrizität Gesellschaft, qui a, comme on le sait, participé aux essais de traction à grande vitesse de Zossen par courants triphasés, à présent préconise franchement les courants monophasés à haute tension (avec transformateurs statiques) sur les chemins de fer assez étendus pour exiger une tension supérieure à 1200 volts à l'usine génératrice (voir p. 247). Il estime que si cette tension est suffisante (lorsque celle de 800 volts est trop faible pour l'étendue du réseau) on peut, suivant les circonstances, employer soit les courants monophasés, soit les courants triphasés transformés en courant continu. Si le réseau est assez court pour pouvoir être alimenté directement à 800 volts par une usine génératrice, le courant continu est le plus pratique.

Le Rapport de M. PEDRIALI (voir p. 248), ingénieur en chef des tramways bruxellois, montre que les compagnies exploitantes de tramways électriques ont toutes reconnu l'utilité de procéder, par les méthodes usuelles de l'ohmmètre, à la vérification

(¹) On en trouve un nombre très réduit sur les lignes de l'Etat belge, du Wurtemberg, du Palatinat (Ludwigshafen), de la Saxe (Dresde), de la Bavière (Augsbourg), de Milan à Monza et de Bologne.

(¹) Celui-ci n'ayant reçu que six réponses a puisé des documents dans la littérature technique et a fait appel à son expérience personnelle; les chiffres cités n'étant pas de première main peuvent être contestés, mais les conclusions n'en subsistent pas moins.

régulière et périodique de l'isolement du réseau ⁽¹⁾, et aussi de l'état des joints de la voie de roulement servant au retour du courant.

Il résulte du rapport de M. KLITZING (voir p. 249), directeur des tramways de Magdebourg, que l'emploi des compteurs se répand de plus en plus sur les voitures motrices de tramways. Ces appareils fonctionnent régulièrement et permettent un contrôle rigoureux de la conduite des mécaniciens, auxquels on donne souvent des primes sur les économies de courant qu'ils réalisent.

M. PETIT, ingénieur en chef des chemins de fer vicinaux de Bruxelles, constate (voir p. 249), d'après les réponses reçues, que la planchette et le fil de garde sont employés à peu près dans la même proportion pour protéger les lignes télégraphiques et téléphoniques (dans le cas où elles se rompent) du croisement des lignes de trôlet, mais que ces deux procédés laissent également à désirer et préconise avec raison, comme solution radicale et parfaite (et l'assemblée a ratifié ce vœu), l'emploi de câbles souterrains pour les lignes téléphoniques, à leur rencontre avec des lignes de tramways.

M. BJØRKEGREN, ingénieur des tramways de Berlin, montre (voir p. 250) que les lignes de tramways électriques n'apportent aucun trouble dans les laboratoires d'électrotechnique et même de science pure : il suffit d'employer des appareils industriels à cadre mobile et des galvanomètres de précision cuirassés. Les appareils de mesures magnétiques des observatoires restent seuls influencés par les tramways et à de grandes distances et l'on ne voit pas le remède à cet inconvénient autre que d'éloigner l'un de l'autre les observatoires et les tramways électriques.

M. SCHOLTES, directeur de tramways à Nuremberg, recommande les freins électriques à solénoïde ⁽²⁾, de préférence aux freins à air, comme étant au moins aussi sûrs, moins coûteux et plus aisés d'entretien, pour le freinage des voitures isolées ou des convois de deux voitures. Au delà de deux voitures, l'air comprimé donne un serrage plus énergique; il est également nécessaire sur les lignes à très longues rampes; pour les voitures isolées légères, au contraire, le frein à main peut suffire. En tout cas, les convois doivent toujours être munis, en dehors du frein de service, d'un autre frein de secours.

Plusieurs orateurs ont contesté, en séance, la préférence donnée par M. Scholtes aux freins électriques

sur les freins à air comprimé. Comme a fait remarquer avec raison M. Janssen, qui présidait la séance, la question est loin d'être résolue et doit faire l'objet de nouvelles études.

M. PAVIE, directeur général de la Compagnie française de tramways, fait ressortir les avantages nombreux de l'emploi des voitures de remorque qui permet, bien mieux que l'emploi de nombreuses voitures motrices, de faire face à des surcharges momentanées du trafic, avec des frais moindres de traction et de personnel.

Il reste un certain nombre de Mémoires dont nous n'avons pas donné d'analyse ⁽¹⁾, parce qu'ils traitent de questions sortant un peu ou beaucoup du cadre de ce journal et que nous nous contenterons de résumer ici en quelques mots :

M. C. DE BURLET, Directeur général de la Société nationale des Chemins de fer vicinaux de Belgique, a fait un court Rapport sur la *superstructure des voies pour chemins de fer d'intérêt local à traction à vapeur*, c'est-à-dire des chemins de fer marchant à la vitesse moyenne de 12 à 22 km : h, et maxima de 18 à 35 km : h, et n'employant que des locomotives légères de 4 à 15 tonnes, donnant une charge de 1,75 à 7,25 tonnes par roue sur la voie (il ne s'agit pas de tramways). Sur ces lignes, les voies se ressemblent beaucoup. Les rails sont presque toujours du type Vignole, en acier, pesant 17^{kg} à 30^{kg} par mètre courant et de longueur assez grande (9^m, 5 à 12^m). On est généralement d'accord pour donner la préférence aux traverses en bois et, si possible, en chêne imprégné ⁽²⁾, aux tire-fonds, au lieu de crampons, pour la fixation du rail, au ballast en pierraille ou gravier qui donne une voie plus stable que le ballast en sable ou cendre.

Sur la demande de M. de Burlet, M. Chonet, de Liège, s'est déclaré satisfait du joint Falk (soudure par acier dans un cubilot), dont l'emploi, commencé d'abord à Lyon, a été étendu à beaucoup de réseaux de Belgique et d'autres pays. Mais il existe maintenant d'autres systèmes de soudures du même genre qui sont encore plus simples; c'est également l'avis de M. Kœhler, de Berlin.

La question du *fonds de renouvellement* à ménager dans les Sociétés d'exploitation, présente une grande importance au point de vue de la bonne gestion financière des entreprises de traction. Il résulte du rapport de M. HASSELMANN, Directeur des Chemins de fer vicinaux d'Aix-la-Chapelle, que

⁽¹⁾ L'auteur signale un appareil simple employé sur les tramways bruxellois pour vérifier par la méthode d'induction les défauts dans les lignes à caniveau.

⁽²⁾ Les freins à solénoïde sont plus énergiques et plus robustes que les freins à électro-aimants. L'auteur estime que les freins à patins n'en sont qu'à la période d'essais et n'auront d'ailleurs que des applications limitées à des cas spéciaux.

⁽¹⁾ Les analyses des Rapports de M. Scholtes et de M. Pavie seront publiées dans le prochain numéro.

⁽²⁾ Les Chemins de fer vicinaux de Belgique, qui ont essayé, sur 20^{km} environ, des traverses métalliques (en fer Z), n'en ont pas été satisfaits (M. de Burlet n'en donne pas les raisons).

toutes les sociétés sont d'accord pour créer un fonds d'amortissement, c'est-à-dire pour prélever chaque année une certaine somme sur les recettes, en vue de pouvoir procéder au moment voulu, sans grever le compte des dépenses ordinaires d'exploitation, au renouvellement des installations de la voie, des génératrices, du réseau électrique et du matériel roulant, lorsque ces installations sont usées ou même démodées. La constitution de ce fonds de renouvellement est d'ailleurs souvent imposée par l'État ou les municipalités. Une entente serait désirable dans le but de déterminer approximativement les bases sur lesquelles doivent être calculés les taux d'amortissement des diverses parties de l'installation, mais il paraît bien difficile de donner des règles uniformes sur ces points, qui dépendent essentiellement des conditions très variables de chaque réseau ⁽¹⁾. C'est pourquoi le rapporteur recommande aux sociétés exploitantes de reviser assez fréquemment (tous les 5 ans, par exemple) les taux fixés pour l'amortissement des diverses parties de leurs installations. L'étude de cette question a été reportée à une prochaine assemblée.

Il est difficile également d'indiquer des solutions générales sur la question de l'emploi et du contrôle des correspondances, dont les résultats dépendent beaucoup de la nature et de l'importance des réseaux considérés. Le rapporteur, M. VELLGUTH, secrétaire de l'Association allemande des Tramways et Chemins de fer d'intérêt local, a dégagé des réponses diverses qu'il a reçues les indications suivantes, applicables surtout, fait-il remarquer, aux pays de l'Union allemande. Pour les chemins de fer d'intérêt local, il n'y a pas de doute que la correspondance ne présente pas d'utilité. Sur les lignes de tramways, où l'on ne délivre pas aux voyageurs, pour tous les parcours, des tickets annotés, les correspondances ne sont pas à recommander, parce que le contrôle en est ou illusoire ou très onéreux, et que l'on perd en coulage ou dépenses de personnel plus que l'excédent de recettes qui peut résulter du système. Lorsqu'on délivre à tout voyageur des tickets portant imprimées les indications des principaux points du parcours, ou même, comme à Dusseldorf, un schéma du réseau et qui est annoté par des coups de crayon, le contrôle des correspondances peut se faire assez aisément et sans dépenses de personnel supplémentaire ⁽²⁾.

(¹) Il est souvent délicat aussi de déterminer à quel point les réparations doivent cesser d'être considérées comme frais d'entretien courant et doivent être comptées comme des opérations de renouvellement proprement dit.

(²) Il faut chercher à obtenir sur le bulletin servant à la correspondance l'indication du moment où le voyageur quitte la voiture et à réduire alors le délai pour la correspondance; c'est le meilleur moyen d'éviter les fraudes.

Mais, sur les lignes où existent des tarifs par zones assez courtes, la correspondance n'a pas grande utilité : elle peut, au contraire, amener un supplément de recettes sur les réseaux assez importants à mailles serrées et à tarif uniforme, quitte à faire payer un léger supplément de 0^{fr},05 ou 0^{fr},10 pour la correspondance. Le Rapport de M. Vellguth, ne comportant pas de vœux, n'a pas donné lieu à discussion à l'assemblée ⁽¹⁾.

M. SCOTTER, Ingénieur civil à Londres, dans une Communication sur la *Législation relative aux Tramways et Chemins de fer d'intérêt local*, où il fait surtout allusion à ce qui se passe en Angleterre, se plaint que l'on accorde souvent des concessions, notamment à des « tubulaires », dont l'utilité n'est pas toujours justifiée et sans se préoccuper des entreprises déjà existantes, dont on amène la ruine.

L'exploitation des réseaux de tramways par les municipalités ne lui paraît pas donner de bons résultats. Il trouve enfin que l'on devrait autoriser (ce qui ne peut se faire en Angleterre que par délibération du Parlement) les sociétés de tramways à effectuer le transport des marchandises dont elles tireraient souvent un profit appréciable ⁽²⁾.

Quant aux Rapports assez étendus de M. GÉRON, de Bruxelles, directeur de l'ancienne Société des Tramways de Cologne, sur les *Méthodes de comptabilité* et de M. GORELLA, secrétaire de la Corporation des Tramways et Chemins de fer d'intérêt local de Berlin, sur les *Assurances du personnel en Allemagne*, nous ne ferons que les signaler. Les questions traitées sont d'importance pour les exploitants de tramways et petits chemins de fer, mais elles échappent à notre compétence.

Signalons, pour terminer, que la question importante de la *Réglementation des essais de réception des moteurs de traction* n'a pas été traitée par la Commission qui en avait été chargée et a été reportée à une assemblée ultérieure. CH. JACQUIN.

Emploi des voitures automotrices et automobiles ⁽¹⁾ sur les lignes de chemins de fer d'intérêt local. Rapport de ZIFFER, président du Conseil d'administration des Chemins de fer de la Bukowine à Vienne (74 pages). OBSERVATIONS DE M. FOGOWITZ de Vienne (5 pages). — Nous ne parlerons pas, faute de place, de la partie descriptive

(¹) Toutefois, sur des réseaux très chargés, le voyageur ne fait plus usage de la correspondance et il est obligé d'attendre trop longtemps une voiture, ce qui rend en outre le contrôle plus difficile.

(²) M. Scotter n'ayant pas assisté aux séances du Congrès, sa communication n'a donné lieu à aucune discussion.

(³) L'auteur adopte les définitions établies par le Congrès des Chemins de fer en 1900 : les voitures *automotrices* sont celles qui peuvent se mouvoir par elles-mêmes sans toutefois pouvoir en remorquer d'autres; les voitures *automotrices*, au contraire, celles qui peuvent remorquer d'autres voitures d'attelage.

dans laquelle sont passés en revue en 71 pages les types récents de voitures automobiles employées dans les divers pays. Nous signalerons seulement, comme l'a fait en séance M. Ziffer, une voiture à vapeur, construite récemment par la maison Ganz de Budapest, qui comporte deux générateurs et deux moteurs de 50 chevaux, actionnant chacun un essieu. Ces deux groupes sont entièrement indépendants, de sorte que la puissance de la voiture peut être ainsi de 50 ou de 100 chevaux. L'empattement des roues est de 7^m,50; le poids en charge, avec de l'eau et du charbon pour un parcours de 150^{km}, est de 23 tonnes. La voiture, qui est éclairée à l'acétylène, comporte deux compartiments pour trente-six places assises, un fourgon à bagages spacieux et un water-closet. Dans un parcours d'essai on atteignit la vitesse de 72 km:h sur une rampe de 6^{mm},7 par mètre, malgré un fort vent de bout, et 85 à 95 km:h en palier. La consommation constatée fut de 2^{kg},2 de coke et de 21 l d'eau par kilomètre.

L'introduction des voitures automotrices est devenue une véritable nécessité; ces voitures permettent, sur les grandes lignes, de réaliser certaines économies pendant les heures de moindre trafic; de même aussi pour les lignes de moindre importance, lesquelles ne comportent par leur nature même qu'une intensité réduite, les voitures automotrices autorisent une exploitation économique en augmentant l'horaire des trains.

L'un des points essentiels à élucider dans la construction des voitures automotrices est la nature de la force motrice à employer.

D'après les résultats d'expérience acquis jusqu'à ce jour, c'est (exception faite naturellement du moteur électrique sur les lignes de tramways et de chemins de fer vicinaux) le moteur à vapeur qui, dans tous les pays, a trouvé la plus large application, tout aussi bien sur les lignes secondaires que sur les lignes principales de chemin de fer. Parmi les moteurs à vapeur communément employés, on distingue la locomotive légère à vapeur et la voiture automotrice à vapeur. La locomotive légère est moins puissante que la locomotive ordinaire; au point de vue de la construction, elle est analogue à celle-ci. La voiture automotrice à vapeur possède un générateur à vapeur d'une construction toute particulière, d'un timbre élevé et permettant une vaporisation rapide; la vapeur développée par ce générateur actionne des machines à vapeur, soit jumelles, soit compoundées, assez semblables aux machines à vapeur communément utilisées sur les locomotives ordinaires; le mouvement de la machine à vapeur est communiqué directement à l'essieu moteur sans l'intermédiaire d'aucun organe de réduction. Le générateur à vapeur et la machine, de même aussi que les compartiments à voyageurs et, le cas échéant, les fourgons pour le service des bagages et de la poste, sont, en règle générale, supportés par un même et seul châssis.

Les locomotives légères et les voitures automotrices peuvent être construites pour une puissance relativement élevée; outre de nombreux avantages, elles permettent d'obtenir le plus facilement une exploitation régulière et économique; elles comportent cependant un inconvénient assez sérieux: celui de ne pouvoir être mises assez rapidement en marche de service, de démarrer et de s'arrêter plus difficilement; il en résulte des pertes de temps non justifiées aux stations et autres points d'arrêt, ce qui augmente naturellement le temps nécessaire pour le parcours sur de petites distances. Un autre inconvénient de la voiture automotrice à vapeur est le poids énorme du générateur avec ses nombreux tubes de petit diamètre et ses nombreux raccords qui, d'ailleurs, ne peuvent pas toujours être maintenus étanches; de plus, les oscillations désagréables dont ont à souffrir les voyageurs et enfin la circonstance que la chaudière et la caisse de la voiture sont établies sur une même

et seule assiette. Certains moteurs, comme par exemple les moteurs Serpollet et Rowan, présentent en outre l'inconvénient d'avoir à découvert tous les organes de commande et de distribution de la machine, ce qui naturellement doit être évité, surtout quand la voie est établie dans un terrain sablonneux.

Par suite de la compacité même donnée à la machine des automotrices à vapeur, il résulte que les organes de cette machine doivent être établis avec une très grande précision, qu'ils sont en conséquence très délicats et réclament un grand entretien; l'entretien général de la voiture automotrice est d'ailleurs encore augmenté comme aussi rendu plus difficile par la circonstance que les tubes du générateur présentent souvent des formes et des dimensions particulières; de plus, les charges sont souvent très mal réparties entre les différents essieux; enfin la suppression d'étincelles à la cheminée conduit à l'emploi du coke, combustible toujours coûteux. Nous ferons aussi remarquer qu'une réparation soit à la machine, soit au générateur, oblige souvent à mettre toute la voiture hors service.

Les inconvénients que nous venons de citer et qui sont inhérents à la voiture automotrice à vapeur sont, pour la plupart, évités dans la locomotive légère à vapeur à deux essieux chauffée par les résidus du pétrole. Il en résulte que la locomotive légère semble devoir être préférée à la voiture automotrice à vapeur, bien que cependant des essais entrepris jusqu'aujourd'hui sur les locomotives légères ne soient pas très importants.

Les voitures automotrices à essence présentent l'inconvénient de posséder un mécanisme beaucoup trop délicat pour une exploitation de chemin de fer; elles offrent d'ailleurs une perte importante d'énergie par suite de la présence des engrenages ou autres moyens de réduction; comme autres inconvénients des automotrices à essence, nous citerons: les voitures ne peuvent être tenues en réserve pour être utilisées en cas de besoin; les gaz d'échappement produisent une odeur nauséabonde; le bruit et les à-coups occasionnés par les roues dentées sont très désagréables; la voiture est soumise à des vibrations souvent insupportables; les voitures ne peuvent rouler qu'à deux ou trois vitesses; enfin leur puissance est limitée.

Par contre, la voiture à essence présente sur la voiture à vapeur le très grand avantage que, pendant la marche, le machiniste peut porter toute son attention sur la vitesse et sur la surveillance de la voie; il n'a, en effet, à s'occuper ni du chauffage, ni de l'alimentation en eau, ni des autres services accessoires, occupations qui naturellement ne sont pas sans influence pour la sécurité du service. Les voitures à essence, utilisées aujourd'hui, sont encore pour la plupart dans la période des essais.

Les voitures à alcool présentent l'avantage de n'occasionner aucune odeur désagréable, elles permettent de plus de maintenir en parfait état de propreté tout le mécanisme moteur de la voiture. Ces voitures à alcool se trouvent toujours dans la première période d'essais, tout au moins en ce qui concerne leur emploi sur les lignes de chemin de fer.

Les voitures à accumulateurs n'ont jusqu'à présent reçu que peu d'applications; elles ont le grand inconvénient de devoir toujours porter avec elles une réserve d'énergie calculée d'après le travail maximum à fournir, ce qui conduit naturellement à un poids mort relativement élevé. Leur puissance est d'ailleurs limitée à la quantité d'électricité qu'elles transportent; les voitures à accumulateurs ne semblent donc pas être appropriées pour l'exploitation de lignes présentant des rampes importantes ou sur lesquelles les voitures doivent atteindre des vitesses relativement importantes. Enfin la traction par accumulateurs ne présente aucune sécurité de service et n'est pas non plus très économique.

La traction électrique par adduction de courant aérien et

notamment la traction électrique par courant monophasé ont été récemment appliquées à l'exploitation de lignes de chemin de fer d'intérêt local; mais nous ne possédons aucune donnée à ce sujet ⁽¹⁾.

En ce qui concerne le coût d'achat de ces différents systèmes de voiture : ce coût varie, suivant l'importance et la puissance de la voiture, entre 25 000^{fr} et 50 000^{fr} pour les voitures à vapeur à écartement normal et entre 15 000^{fr} et 30 000^{fr} pour les voitures à petit écartement.

Les voitures à essence reviennent à environ 40 000^{fr}, les voitures à gaz à environ 25 000^{fr} et les voitures à alcool à environ 27 000^{fr}.

Quant aux voitures à accumulateurs, leur prix de revient varie beaucoup suivant la nature du système employé : il dépend également du prix du combustible utilisé pour la production de l'électricité, du profil en long et en plan des lignes, du plus ou moins grand rendement des moteurs, de même aussi que des salaires payés au personnel.

Quoi qu'il en soit, l'on peut cependant dire qu'en général la traction à vapeur présente une plus grande économie que les autres systèmes; nous ajouterons cependant qu'à ce point de vue une étude comparative ne présentera une certaine valeur que si cette étude est faite en se basant sur les mêmes facteurs ou des conditions d'exploitation analogues.

Les dépenses totales d'exploitation par voitures automotrices à vapeur ou à pétrole sont comprises entre 0^{fr},10 et 0^{fr},25 par train : km, alors que les mêmes dépenses, dans le cas d'exploitation de trains remorqués par les locomotives ordinaires, s'élèvent pour des lignes d'intérêt local de 0^{fr},40 à 0^{fr},47, soit donc à peu près au double.

L'automobilisme facilitera donc souvent l'obtention d'une exploitation économique sur les lignes de chemin de fer, en général et, notamment, sur les lignes secondaires; de plus, ce genre d'exploitation permettra de satisfaire facilement aux exigences du public.

La question n'est pas assez avancée pour permettre de décider à quel système de traction il y a lieu de donner la préférence.

A la suite de la lecture du Rapport de M. Ziffer, M. Fogowitz de Vienne a donné en séance des détails sur les résultats d'exploitation obtenus sur le réseau de la Basse-Autriche avec des automotrices à vapeur qu'il a étudiées de concert avec la maison Komarek. Le problème n'était pas sans difficulté, parce que le réseau considéré comporte des rampes étendues de 25 mm : m qu'il faut gravir à la vitesse de 30 km : h. Les automotrices contiennent un générateur de vapeur dont la pression peut, avec la surchauffe, atteindre 25^{atm} ⁽²⁾ et un moteur à vapeur compound.

On a établi trois types d'automobiles correspondant à trois lignes différentes. La plus petite voiture, usitée sur la ligne de Waldviehahn, de 85^m de long, peu fréquentée, avec courbes et rampes de 25 mm : m, a une puissance de 30 chevaux et développe à l'essieu moteur un effort de traction de 650^{kg}; elle pèse à vide 7 tonnes et contient 23 places. Malgré les conditions très dures de la ligne, la consommation n'est que de 1^{kg},9 de charbon par km, soit 0^{kg},09 par voyageur. La voiture est desservie par deux hommes, un mécanicien et un conducteur, au lieu de trois que comportaient les anciens trains à vapeur qu'elle remplace.

⁽¹⁾ L'auteur a laissé de côté, dans son Rapport, les voitures à air comprimé, parce que, dit-il, elles sont peu répandues et n'ont subi aucun perfectionnement depuis les précédentes assemblées.

⁽²⁾ La surchauffe fatigue plus les organes et l'expérience seule permettra de juger si son emploi est avantageux et doit être généralisé.

Par rapport à cet ancien service, la consommation de combustible est inférieure de 20 pour 100, les salaires sont inférieurs de 20 pour 100 et les autres dépenses de 35 pour 100; les dépenses totales d'exploitation sont inférieures de 33 pour 100 si l'on ne compte pas les frais d'amortissement en 10 ans et 28 pour 100 si l'on en tient compte ⁽¹⁾.

Sur la ligne de Tolten-Kirchley, de 50^m de long, également à courbes et rampes assez fortes, mais de trafic plus intense, on a placé des voitures automobiles de 50 chevaux, pesant 9,6 tonnes à vide et pouvant développer un effort de traction de 850^{kg} à l'essieu. Elles contiennent 50 places et peuvent au besoin remorquer une voiture d'attelage; elles sont desservies par deux hommes seulement. Par rapport au service ancien par locomotive, l'économie réalisée dans les dépenses d'exploitation est de 35 pour 100; amortissement non compris, et de 30 pour 100, amortissement compris ⁽²⁾.

Pour la ligne de Günsdorf, assez fréquentée en tout temps et très fréquentée les dimanches et fêtes, on a construit une voiture puissante de 100 chevaux, pouvant développer un effort de 2100^{kg}. Elle contient 49 places et circule généralement seule; les jours de grande affluence on peut lui faire remorquer jusqu'à trois voitures ordinaires, soit un train de 160 places, ce qui donne ainsi une grande élasticité au service de trains; elle peut encore être desservie par deux hommes seulement. Comparée au service par locomotives légères, la consommation de combustible est de 4^{kg} au lieu de 9^{kg},8 par km. Les dépenses d'exploitation sont inférieures de 49 pour 100, amortissement compris, et de 44 pour 100, amortissement non compris. Mais il est à remarquer que, pour des trains plus longs, l'avantage reviendrait au service par locomotives ordinaires; on approche de la limite où le service par automotrices n'est plus avantageux.

Avantages et inconvénients de la traction électrique sur les lignes de chemins de fer d'intérêt local. Rapport de H. LUTHLEN, commissaire en chef de l'Inspection générale des Chemins de fer autrichiens, à Vienne. — Il n'est pas question ici des tramways urbains proprement dits, qui emploient, presque tous, la traction électrique, mais des chemins de fer d'intérêt local, où la vapeur peut encore lutter contre l'électricité.

Les avantages de la traction électrique appartiennent à trois catégories différentes :

1° Avantages appréciés avant tout par les voyageurs et amenant en conséquence une augmentation de recettes. L'électricité permet de multiplier les départs sans augmenter proportionnellement les dépenses ⁽³⁾. L'adhérence étant meilleure, les démarrages peuvent être bien plus rapides, ce qui diminue la durée du trajet. La traction électrique permet de faire varier facilement l'importance du service suivant les besoins, surtout avec les systèmes à unités mul-

⁽¹⁾ Avec le service automobile les dépenses d'exploitation sont, amortissement compris, de 0^{fr},12 par voiture : km, soit 0^{fr},01 par voyageur : km et, amortissement non compris, 0^{fr},08 par voiture : km (soit 0^{fr},0066 par voyageur : km) au lieu de 0^{fr},28 par voiture : km dans le service par locomotives légères (de 23 tonnes).

⁽²⁾ La consommation de combustible est de 1^{kg},9 par voiture : km, soit 0^{kg},04 par voyageur : km. Les dépenses d'exploitation, amortissement compris, sont de 0^{fr},15 par voiture : km (soit 0^{fr},0034 par voyageur : km) et, amortissement non compris, de 0^{fr},11 par voiture : km (soit 0^{fr},0022 par voyageur : km) au lieu de 0^{fr},38 par locomotive.

⁽³⁾ Sur les tramways provinciaux de Naples le nombre des trains a augmenté de 140 pour 100 et les dépenses de 20 pour 100 seulement.

tiples. Enfin l'absence de fumée des trains électriques, non seulement est un élément de confort, mais prend une importance capitale dans le cas de lignes de pénétration en souterrain dans des villes; dans ce cas la fumée devient un obstacle insurmontable pour la traction à vapeur.

2° Avantages et inconvénients résultant de la centralisation de la production de la force motrice. Lorsqu'on peut utiliser des chutes d'eau l'économie de force motrice est très importante, d'autant plus que dans ce cas la houille revient généralement cher. Même en employant du charbon à l'usine centrale, on peut généralement réaliser une certaine économie par rapport aux locomotives à vapeur, par l'emploi d'un matériel puissant et perfectionné, à consommation unitaire plus faible (1). Par contre cette centralisation de la force motrice rend les arrêts de service plus fréquents et plus graves qu'avec des locomotives à vapeur séparées. La puissance de l'usine centrale électrique se trouve déterminée par le maximum de demande de courant; la traction électrique n'est donc pas avantageuse si l'on n'a à remorquer qu'un petit nombre de trains lourds très espacés; c'est pourquoi l'on conserve souvent la traction à vapeur pour les trains de marchandises sur des lignes où les trains de voyageurs sont électriques (2).

3° Avantages pécuniaires. L'électricité permet dans certains cas de diminuer notablement les dépenses de premier établissement du réseau proprement dit : on peut adapter des rails plus légers; dans les contrées accidentées, on peut, grâce à de plus fortes rampes, raccourcir beaucoup le tracé de la ligne (exemple : Tabor à Bechnyn en Bohême); on peut aussi obtenir un trafic plus dense sur des voies et gares arrivées avec la vapeur à leur maximum d'encombrement (exemple : Saint-Georges-de-Commiers à la Mure). Par contre les dépenses de premier établissement de l'installation se trouvent augmentées de la valeur des stations génératrices et des lignes de transmission électrique.

Les dépenses d'entretien de la voie sont légèrement plus faibles avec la traction électrique (3). Les dépenses de traction proprement dite sont un peu plus faibles par diminution du poids mort. Les dépenses du personnel de conduite des trains sont certainement plus faibles parce qu'il est rare de pouvoir conduire, comme les motrices électriques, des automotrices à vapeur ou à pétrole avec un seul homme, et même dans ce cas les mises en feu perdent du temps; mais il faut par contre tenir compte du personnel employé dans l'usine centrale et les sous-stations électriques.

En somme on obtient généralement un coefficient d'exploitation plus faible avec la traction électrique (4), et qui pourra probablement être encore réduit plus tard par l'emploi du courant alternatif monophasé qui fait actuellement ses débuts dans la traction électrique.

(1) Sur les chemins de fer de la Valteline la dépense de force motrice qui avec les locomotives à vapeur, était de 2^{fr},53 par tonne : km est descendue à 0^{fr},65 dans l'usine centrale hydraulique.

(2) Pour la même raison on met en service sur la ligne de Munich-Grünwald, les dimanches et jours de fêtes, des trains supplémentaires de voyageurs à vapeur.

(3) Armstrong estime que pour des trains de 250 tonnes l'entretien des locomotives revient à 0^{fr},78 par tonne : km avec la vapeur, à 0^{fr},25 avec l'électricité.

(4) La Société des Chemins de fer vicinaux est la seule à déclarer, sans d'ailleurs donner de chiffres à l'appui, que le coefficient d'exploitation est plus élevé avec l'électricité; on peut lui opposer un grand nombre d'exemples où l'électrification a fait baisser le coefficient d'exploitation : sur le chemin de fer aérien du Manhattan de 0,5538 à 0,5010; sur le chemin de fer aérien de South Side à Chicago de 0,736 à 0,55; sur la ligne de Liverpool à Southport de 0,9529 à 0,8684.

La conclusion est qu'il y aura toujours intérêt à substituer la traction électrique à la traction à vapeur, si les considérations locales laissent prévoir, avec un service bien organisé, une augmentation plus ou moins importante du nombre de voyageurs.

Forme et tension du courant pour les chemins de fer d'intérêt local. Rapport de PPOHN, ingénieur en chef de l'Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft, à Berlin. — La traction à vapeur et la traction électrique se heurtent à deux difficultés contraires : la première rend difficile un transport économique par petites masses et, la seconde, un transport de masses importantes à de grandes distances. On a cherché à remédier au premier inconvénient par les voitures automotrices à vapeur, mais elles n'ont pas un rendement très bon et, en tout cas, elles présentent moins de confort que les tramways électriques. Pour que la traction électrique soit plus avantageuse que la vapeur sur les longues lignes d'intérêt local, où elle a été jusqu'ici peu appliquée, il est indispensable d'employer des tensions aussi élevées que possible, de manière à réduire les dépenses de construction des lignes de tramways et à compenser l'inconvénient de l'utilisation de la puissance génératrice à intervalles éloignés.

Le courant continu est le plus avantageux jusqu'à la tension de 800 volts sur le fil de ligne (comme sur le chemin de fer métropolitain électrique de Berlin), parce qu'on peut encore utiliser les moteurs usuels et installations ordinaires de réglage et de captage, dont le prix est moins élevé que pour le courant monophasé par moteurs à répulsion (1), le seul à envisager (2).

On peut capter et utiliser le courant continu jusqu'à 1200 volts, comme l'a fait Thury sur la ligne de Saint-Georges-de-Commiers à la Mure (3). Mais il faut alors faire usage d'interrupteurs à huile et d'un appareillage spécial, qui devient déjà coûteux. Dans le cas où l'on peut se contenter d'une tension de travail de 1200 volts (lignes avec terminus distants de 12^{km} à 15^{km} avec trains légers), l'emploi du courant continu est encore admissible; il est équivalent à celui du monophasé et la solution dépend des espèces : le supplément de prix et de poids de 20 pour 100

(1) Et encore le courant monophasé peut être préféré si l'on ne peut se procurer l'énergie sur place.

(2) En effet, les moteurs ordinaires monophasés, tels que ceux de Lamme et de Finzy, n'ont fonctionné qu'en laboratoire ou en essais, et, pour cette raison, nous ne nous en occuperons pas (dit l'auteur, qui, par conséquent, ne les discute pas), tandis que le moteur à répulsion, type Winter-Eichberg, fonctionne régulièrement, sur la ligne des chemins de fer de l'Etat prussien, de Niederschönowerde à Spindlersfeld, depuis le 4 juillet 1904, et sur une ligne du Tyrol depuis la même époque. Quant aux courants triphasés, usités sur les lignes de Burgdorf à Thoune, de la Valteline, et pendant les essais de Zossen, ils n'ont été employés que parce qu'à l'époque le moteur monophasé à répulsion n'était pas connu. Les courants triphasés doivent être écartés à présent comme ne présentant que des inconvénients sur tous les points par rapport au monophasé avec moteur à répulsion; ils exigent trois fils au lieu d'un; les moteurs triphasés ne peuvent fonctionner qu'à une seule ou, au maximum, deux au lieu de vitesses quelconques; ils absorbent beaucoup plus au démarrage et ne permettent, sous peine d'arrêt, que des chutes de tension bien plus faibles sur la ligne; ils permettent tous deux la récupération dans la descente, dont l'utilité demanderait d'ailleurs une discussion spéciale.

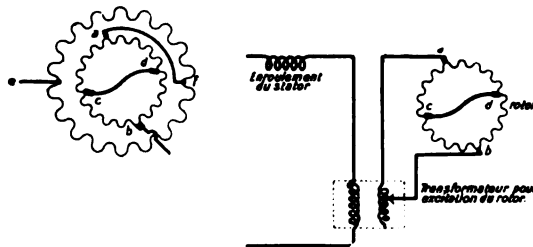
(3) Description complète de cette ligne a été donnée dans la *Revue électrique*, t. I, p. 129, 15 mars 1904.

environ des moteurs monophasés à répulsion ⁽¹⁾ est compensé par le supplément de dépense de l'appareillage à courant continu.

Dans les réseaux comportant des rues étroites, par exemple, on admettra difficilement le fil de travail à haute tension à courant continu, tandis que le courant alternatif permettra de localiser la basse tension aux rues étroites, tout en conservant la haute tension sur le reste du réseau; il sera par conséquent préférable.

Au delà de 1200 volts à la station génératrice, il n'est plus possible d'alimenter directement le fil de travail avec le courant continu ⁽²⁾; il faut alors avoir une station centrale à courants triphasés à haute tension et des sous-stations le transformant en courants continus à tension moyenne. Ces sous-stations sont plus coûteuses d'installation et d'exploitation que les transformateurs statiques; le courant monophasé est alors nettement supérieur, car il permet l'emploi de lignes de travail de tension allant jusqu'à 6000 volts. En effet, on peut envoyer directement dans le stator du moteur à répulsion le courant à très haute tension. La tension de ce courant est abaissée ⁽³⁾, pour l'alimentation du rotor, à

Fig. 1.



la tension de 200 volts par un transformateur statique placé sur la voiture. Il ne faut pas oublier que ce transformateur à spires variables a un rôle très utile, car il permet de faire les démarrages sans aucune perte d'énergie dans les résistances. Il en résulte une économie appréciable dans la dépense de traction si les arrêts sont nombreux.

Le courant continu produit des détériorations des conduites d'eau et de gaz. Le courant alternatif monophasé n'attaque presque pas ces conduites, mais cause des perturbations dans les réseaux télégraphiques et téléphoniques. Toutefois on a constaté, à Spindlersfeld, que ces perturbations restent dans les limites acceptables et ne constituent donc pas un obstacle véritable. CH. J.

⁽¹⁾ Les moteurs monophasés exigent un transformateur-réducteur de tension (pour le rotor seulement dans les moteurs à répulsion), parce que le collecteur du rotor ne peut actuellement fonctionner sans étincelles au delà de 200 volts. Pour que les pertes dans le fer soient les mêmes que dans un moteur continu, il faut employer une fréquence basse de 16 à 25 périodes : s, et non plus de 40 à 50, ce qui augmente le poids du matériel générateur, transformateur et moteur. Le poids des moteurs est encore légèrement accru du fait que le rendement du moteur monophasé à répulsion est forcément inférieur d'au moins 4 à 5 pour 100 à celui du moteur continu, parce que la perte Joule y est double environ, du fait que le courant d'excitation, au lieu de passer dans le stator seulement, circule également dans le rotor.

⁽²⁾ Thury a bien employé 2400 volts sur la ligne de la Mure en réalisant un système à deux ponts de 1200 volts, à l'aide de deux moteurs en série dont le milieu est à la terre, mais ceci oblige à avoir deux fils de trôlet au lieu d'un.

⁽³⁾ La figure 1 donne le schéma du moteur à répulsion Winter Eichberg.

Contrôle des réseaux électriques et entretien des fils de trôlet. Rapport de PÉDRIAL, ingénieur en chef du Service électrique des Tramways bruxellois (9 pages). — **Contrôle des installations électriques.** — Toutes les Sociétés de tramways sont d'accord pour reconnaître la nécessité d'une revision méthodique et minutieuse de l'état d'isolement des différentes parties du réseau; une revision faite tous les six mois est suffisante ⁽¹⁾.

Ce contrôle comprend deux parties : vérification de l'ensemble du réseau ou de portions de réseau alimentées séparément : vérification isolée des pièces d'appareillage de la ligne. La première est généralement effectuée par des mesures faites à l'usine génératrice ou dans les sous-stations; la seconde est faite aux points considérés de la ligne.

Un procédé sommaire pour savoir s'il y a un défaut sur le réseau consiste à regarder si l'ampèremètre de la première génératrice mise en marche le matin accuse une déviation, alors qu'il n'y a aucune voiture en marche. La vérification se fait généralement en intercalant en série, entre le pôle positif de la génératrice et la partie dont on veut mesurer l'isolement par rapport à la terre, soit un voltmètre (dans ce cas, les défauts grossiers sont seuls décelés), soit mieux un galvanomètre, employé comme ohmmètre. Lorsque la valeur de l'isolement général indique un défaut, on localise celui-ci par des mesures faites à l'usine ou sur le réseau en tronçonnant la ligne.

Pour les lignes à caniveau, il ne serait pas aisé d'établir les connexions habituelles nécessaires pour la vérification de l'isolement de la ligne et surtout pour la localisation des défauts. Pour la vérification d'ensemble, on se contente généralement de deux lampes témoins en série entre les deux pôles du caniveau, avec leur point milieu à la terre. Si l'un des pôles est à la terre, la lampe en communication avec le pôle opposé devient brillante. Pour la localisation des défauts, on peut employer une méthode indiquée par le professeur Eric Gerard, et dont notamment on fait usage avec succès depuis 1897 à la Société des Tramways bruxellois. Elle consiste à envoyer sur la ligne un courant interrompu de 5 ampères environ et à promener dans le caniveau une bobine isolée reliée à un téléphone qui fait entendre un bruit caractéristique cessant une fois le défaut passé ⁽²⁾.

La question d'électrolyse des conduites voisines de la voie est très importante ⁽³⁾. Ces phénomènes se produisant sur-

⁽¹⁾ Pour les lignes à caniveaux ou à contacts superficiels, il convient de procéder à un essai d'isolement quotidien, tout au moins sommaire, du réseau. Dans les lignes dont les deux pôles sont isolés de la terre, il se produit un phénomène d'électrolyse qui tend à transporter l'humidité du pôle positif au pôle négatif, soit une tendance à la diminution d'isolement de celui-ci, surtout par les temps pluvieux; afin d'éviter ce phénomène, il est bon, dans de telles installations, de mettre, au départ des fideurs, des interrupteurs à deux directions, permettant de changer de temps en temps les polarités des fils.

⁽²⁾ La bobine, composée de 250 spires de fil de 0^m,6, est très plate et montée sur un cadre triangulaire pouvant pénétrer et glisser par la fente du caniveau.

On réalise facilement un courant interrompu à l'aide d'un interrupteur relié à la génératrice par l'intermédiaire d'un rhéostat de lampes et shunté par un condensateur; cet interrupteur est actionné par un petit moteur relié à la génératrice.

⁽³⁾ Les valeurs maxima imposées pour la différence de potentiel entre les rails et les conduites ne sont prévues généralement que pour éviter les trop grosses fuites; il convient donc souvent de les prendre faibles, par exemple 1 volt au maximum entre les rails et les conduites considérées comme positives.

tout lorsque le courant quitte les rails par suite d'un joint résistant, le procédé de vérification le plus pratique consiste à contrôler la conductibilité de l'ensemble de la voie de roulement ou des joints séparés des rails (car les mesures directes de la perte à la terre sont bien délicates et peu significatives). Lorsqu'on dispose d'une ligne téléphonique, on peut vérifier facilement l'état de la voie depuis l'usine jusqu'à un point quelconque en envoyant un courant provenant de l'usine et réduit par un rhéostat sur le fil de ligne et en fermant le circuit à l'aide d'une connexion provisoire formant liaison au point voulu entre le fil de trôlet et les rails; on relie également à ce point, par une connexion volante, la ligne téléphonique qui sert de fil pilote. On doit, en tout cas, faire périodiquement l'essai de conductibilité de chaque point séparé à l'aide, par exemple, du vérificateur Siemens et Halske ou de l'appareil de contrôle de l'A. E. G.

Beaucoup de Compagnies procèdent à un contrôle périodique de l'appareillage proprement dit de la ligne de trôlet, mais l'auteur doute que ce contrôle soit d'une utilité en rapport avec la dépense qu'il entraîne. Le procédé le meilleur consiste à faire, à l'aide d'un voltmètre de résistance R , trois lectures correspondant à la différence de potentiel : A entre le fil de trôlet et le fil de tension transversal, B entre ce fil de tension et la terre, C entre le fil de trôlet et la terre. On en déduit les valeurs de l'isolement X de l'isolateur support et Y de l'isolateur intercalé entre le fil transversal et le poteau métallique ⁽¹⁾.

Entretien des fils de travail. — Le fil de trôlet est soumis, du fait des passages répétés de la roulette, à une usure que l'on doit chercher à réduire au minimum en prenant les précautions suivantes :

Les suspensions doivent présenter une élasticité aussi grande que possible; la tension du fil à 0° doit être comprise entre 450^{ks} et 500^{ks} (pour des fils de 52^{mm}, 5); les supports doivent être longs et élastiques (380^{mm} a donné de bons résultats); les appareils spéciaux doivent présenter des attaches longues et élastiques; ils doivent être munis d'armatures de sûreté pour empêcher le coincement de la roulette en cas de déraillement; si les supports sont soudés, la soudure à la résine relativement tendre est à recommander, avec température pas trop élevée.

La durée du fil de trôlet varie entre 500 000 et 1 500 000 passages de la roulette (pour un fil de 8^{mm}). La pression de celle-ci ne doit jamais dépasser 5^{ks}, 5.

Le Rapport de M. Pédriali n'a donné lieu à aucune discussion.

Les économies de courant dans les exploitations de tramways électriques. Rapport de W. KLITZING, directeur de la Compagnie des Tramways de Magdebourg (3 pages). — Les consommations unitaires indiquées par quarante-sept Sociétés varient entre 350 et 950 watts-heures par voiture-kilomètre, et entre 50 et 105 watts-heures par tonne-kilomètre, mais on n'en peut déduire que certains réseaux travaillent plus économiquement que d'autres parce que la dépense de courant dépend, dans une grande mesure, de la nature des lignes et notamment des rampes et courbes.

Toutefois, presque toutes les Sociétés estiment qu'elles ne sont pas arrivées au minimum possible de consommation et cherchent à réduire la dépense de courant par une meilleure conduite des voitures.

L'éducation et la surveillance des mécaniciens sont peu pratiquées. Une méthode qui semble devoir donner des résultats

réels bien plus marqués consiste à contrôler le travail des mécaniciens par l'enregistrement, à l'aide de compteur, de la puissance dépensée sur chaque voiture. L'allocation de primes aux mécaniciens lorsque la consommation enregistrée est inférieure à un certain chiffre, quoique encore peu répandue, est à recommander : toutes les Sociétés qui ont introduit cette méthode dans leur exploitation s'en sont bien trouvées.

Toutes les Compagnies qui font usage de compteurs sont d'accord pour reconnaître leur bon fonctionnement, quelles que soient les maisons qui les aient fournis ⁽¹⁾.

Divers orateurs ont appuyé, en séance, l'utilité de chercher à réaliser des économies de courant par un système de contrôle des mécaniciens.

Protection des fils télégraphiques et téléphoniques. Rapport de PETIT, ingénieur en chef de la Société nationale des Chemins de fer vicinaux, à Bruxelles (13 pages). — Il y a deux procédés employés généralement pour éviter, en cas de chute d'un fil télégraphique ou téléphonique passant au-dessus d'une ligne à trôlet, le contact avec ce fil (d'où peuvent résulter des dérangements dans le service téléphonique et télégraphique et un danger pour le personnel manipulant et pour les piétons ou animaux placés sous la voie). Le procédé de la réglette consiste à fixer sur le fil de trôlet, à l'aide de petits crochets, une planchette en bois; le second procédé consiste à tendre au-dessus de la partie du fil de trôlet où a lieu le croisement un fil de garde en acier, cuivre ou bronze, disposé de 30^{cm} à 80^{cm} au-dessus du fil de trôlet et relié à la terre ⁽²⁾. On place en outre, généralement, des fusibles sur les fils à basse tension dans le cas de la réglette et toujours dans le cas du fil de garde.

Ni l'un ni l'autre de ces dispositifs ne donne une sécurité complète : la réglette paraît encore plus sûre que le fil de garde. Elle est coûteuse à entretenir, mais sa pose est simple et pas trop disgracieuse. Elle ne donne pas lieu à des courts-circuits sur le fil de trôlet en cas de déraillement de la roulette, mais seulement à des dislocations.

Les accidents constatés étaient dus à un mauvais entretien de la planchette ou bien à des conditions particulières où le fil de garde n'aurait pas mieux fait; par exemple, dans le cas d'un fil téléphonique brisé, entraîné par une voiture, et qui dépasse la zone protégée par la réglette ou arrache celle-ci.

Le fil de garde a à son actif un nombre d'accidents bien plus grand : il arrive souvent que le fil téléphonique rompu vient toucher à la fois le fil de garde et le fil de trôlet, quelquefois même ce dernier seul; la ligne téléphonique est protégée parce que son fusible fond toujours, mais le fil rompu peut alors devenir un danger pour les piétons si le réseau est très chargé, parce qu'alors les disjoncteurs de l'usine centrale, réglés pour un débit élevé, ne coupent pas le courant relativement minime dû au contact des fils. La roulette de la perche, quand elle déraille, vient souvent mettre en contact le fil de travail et le fil de garde, ce qui a pour effet de faire déclencher inutilement les disjoncteurs de l'usine; l'inconvénient ne se produit pas avec l'archet.

⁽¹⁾ Le prix de ces compteurs varie de 100fr à 380fr. On les soumet généralement à des vérifications périodiques espacées de 4 semaines à 4 mois. On constate des écarts d'étalonnage allant jusqu'à ± 10 pour 100. Les relevés du compteur sont faits après chaque voyage ou à la fin de chaque jour. Le compteur est placé le plus souvent contre une paroi intérieure de la voiture, quelquefois sous la caisse du véhicule.

⁽²⁾ Le fil de garde isolé est peu employé; son seul avantage est d'éviter les courts-circuits de la ligne de trôlet dans le cas où la roulette déraille et vient toucher le fil de garde; il peut constituer un danger pour les piétons s'il vient lui-même à se rompre et à toucher le fil de trôlet.

⁽¹⁾ Les lectures A , B , C sont inscrites sur un Tableau et l'on calcule X et Y par les formules

$$X = \frac{R}{B} (C - A - B) \quad \text{et} \quad Y = \frac{R}{A} (C - A - B).$$

On a quelquefois imposé deux ou trois fils de garde au-dessus du fil de trôlet; c'est là une complication coûteuse qui ne diminue en rien les chances de contact du fil téléphonique avec le fil de trôlet.

Un filet disposé au-dessus du fil de trôlet donne certainement une sécurité bien plus grande que la planchette et le fil de garde, mais ne peut être employé à cause de son prix d'installation et d'entretien trop élevé.

Le seul moyen complètement efficace est le remplacement du fil aérien de télégraphe ou de téléphone par un fil souterrain au croisement avec le fil de trôlet; souvent aussi le trajet de ces fils aériens pourrait être changé sans inconvénient de manière à ne plus rencontrer le fil de trôlet.

M. Petit propose d'émettre le vœu que les dépenses de protection des lignes télégraphiques et téléphoniques soient partagées entre les concessionnaires de ces lignes et les sociétés de tramways; on devrait même ne faire supporter aux concessionnaires de tramways que les frais de protection des lignes à basse tension existant à l'époque et laisser à la charge du propriétaire des télégraphes et téléphones, généralement l'Etat, les frais de protection des nouvelles lignes établies par lui après la mise en marche des tramways.

M. E. Gerard, de Liège, et M. Köhler, de Berlin, estiment que ce serait aller trop loin que d'adopter la dernière partie de ce vœu, qui est alors abandonnée par M. Petit; l'assemblée émet donc seulement le vœu que les dépenses de protection soient supportées partie par les lignes télégraphiques, partie par les lignes de tramways.

Le Dr Edler von Leber, de Vienne, voudrait que l'assemblée se prononce en faveur du fil de garde relié à la terre de préférence à la réglette; il n'est pas donné suite à cette proposition.

M. Roosen, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes de Belgique, fait remarquer que depuis la mise en souterrains des lignes téléphoniques de Bruxelles l'on a constaté des corrosions de ces câbles qui sont attribuables aux tramways. L'assemblée adopte néanmoins le vœu de M. Petit qu'il est à recommander, comme solution véritable, de placer sous terre les lignes à faible courant.

Influence des tramways électriques sur les instruments de mesure. Communication de M. BJØRKEGREN, ingénieur en chef des grands tramways de Berlin (8 pages).

— Les perturbations causées par le champ magnétique direct provenant des conducteurs ou de la dispersion des moteurs ne sont plus appréciables au delà de 200^m et n'ont généralement aucune importance sur les laboratoires, même à des distances plus faibles.

Pour ces établissements, les courants vagabonds provenant du retour du courant par les rails ou des défauts d'isolement des canalisations sont seuls à craindre. Ils faussent complètement les mesures des appareils utilisant le magnétisme terrestre comme champ directeur, tels que le galvanomètre Siemens à torsion très répandu naguère en Allemagne, les galvanomètres de tangentes et les galvanomètres à aimant mobile, genre Thomson, non protégés. Le remède consiste à employer des galvanomètres genre Desprez-d'Arsonval, à aiguilles pour les mesures industrielles et à miroir pour les mesures plus précises, et des appareils à aimant mobile cuirassés tels que le galvanomètre Du Bois Rubens à triple cuirasse, pour les mesures de haute précision. Tous ces appareils sont absolument insensibles aux courants terrestres. Grâce à leur emploi, dans les laboratoires de l'Institut physico-technique impérial à Berlin et de l'École polytechnique de Charlottenbourg, on a pu lever les clauses restrictives générales qui avaient été imposées aux lignes de tramways passant dans le voisinage de ces établissements (¹). Les laboratoires scientifiques

n'ont donc rien à redouter des tramways électriques et doivent bien plutôt se préoccuper des trépidations provenant du mouvement général des rues voisines.

Restent les laboratoires de mesures magnétiques terrestres qui sont troublés à de grandes distances par les courants de retour des tramways. C'est ainsi, par exemple, que l'observatoire magnétique situé près de Potsdam a réclamé qu'aucun tramway avec retour par les rails ne soit établi dans un rayon de 15^{km}.

Ce Rapport n'a donné lieu à aucune observation importante.

Les nouvelles locomotives électriques de la Valte-line (*Génie civil*, t. XLVI, p. 401-406, 22 avril). — Pendant les premiers mois l'exploitation fut faite par voitures automotrices et deux locomotives; l'an dernier on adjoignit à ces dernières trois autres locomotives d'un type nouveau, très notablement différent de ceux qui ont été jusqu'ici employés pour la traction électrique sur les grandes lignes, et caractérisé par l'emploi de transmissions par bielles entre les manivelles et les essieux. Ces nouvelles machines sont à cinq essieux, dont trois moteurs encadrés par deux porteurs; chacun de ces derniers forme avec l'essieu moteur voisin un bogie articulé. Deux moteurs triphasés, d'une puissance individuelle de 300 kilowatts, reçoivent le courant d'alimentation à 3000 volts au moyen de deux archets. Dans les essais faits, la puissance développée a pu être portée à 1000 kilowatts pour un train de 285^t en rampe de 17^{mm} par mètre.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : MAHONEY. USAP. 785315, 1 déc. 1903 (chemin de fer électrique). — RAWORTH. BP. 9565, 1904 (tramway électrique). — THOMSON-HOUSTON. BP. 349285, 29 nov. 1904 (système de traction par courant alternatif).

Conducteurs et voie : AERSCHOT (VAN). BP. 29001, 1904 (conducteur de chemin de fer). — JACOBS. BP. 8064, 1904 (rail conducteur). — *Ligne à troisième rail* : CASEY ET PICKLES. USAP. 784303, 11 août 1904 (chemin de fer électrique à troisième rail). — CRABTREE. USAP. 782007, 14 avril 1904 (troisième rail). — CURWEN. BP. 14933, 1904 (protecteur pour rails). — KINSMAN. USAP. 781661, 28 juillet 1903 (support pour troisième rail). — STILLWELL. USAP. 784237 et 784238, 16 sept. 1904 (protecteur pour troisième rail). — *Joint de rail isolant* : HALL. USAP. 782652, 9 janv. 1904, et 784741, 9 janv. 1904. — LEWIS. USAP. 783751, 1^{er} juin 1904. — WEBER. USAP. 782936, 13 mars 1903. — *Joint conducteur* : DEMER. USAP. 782645, 19 avril 1902. — DAVES. USAP. 784928, 23 nov. 1904.

Prises de courant : *Trôlet* : DAY. USAP. 784843, 20 déc. 1904. — DELAND. USAP. 784038, 5 sept. 1903. — DILLHOFF et HASTREITER. USAP. 785598, 13 déc. 1904. — HOFFMANN et POWERS. USAP. 784678, 23 sept. 1904. — JAMESON. USAP. 784681, 21 déc. 1904. — LAUVERNIER. BP. 17939, 1904. — NORTON. USAP. 783458, 23 déc. 1904. — PARKER. USAP. 785372, 27 avril 1904. — PHILIPPS et PARKINS. BP. 10356, 1904. — STODDARD. USAP. 784639, 21 mars 1903. — SULLIVAN. USAP. 12324, 26 janv. 1905. — THOMPSON. BP. 8077, 1904; USAP. 784448, 4 août 1904. — WILLIAMS. BP. 21601, 1904.

Mise en marche et régulation : GENERAL ELECTRIC Co. BP. 3886, 1904. — HINDERSIN. BP. 27916, 1904. — KRAMER (VON). USAP. 782450, 21 janvier 1904. — LAIR and TODD. BP. 3000, 1904. — MARPLES. BP. 6617, 1904. — SUNDH. USAP. 779447. — PARSCHÉ et LOHNER. USAP. 781299, 5 août 1902 (appareil pour faire varier les résistances des inducteurs du moteur). — THOMSON-HOUSTON COMPANY. BP. 1484, 2450, 4772 et 4773, 1904 (combinateur).

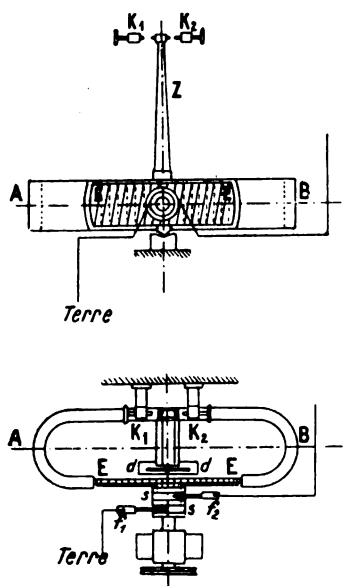
lignes à faire un service très onéreux par accumulateurs seuls ou avec accumulateurs chargés sous trôlet.

(¹) On avait interdit par exemple le trôlet avec retour par les rails à une distance de 1^{km}, ce qui obligea de nombreuses

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Nouveau récepteur d'ondes magnétiques, par W. PEUKERT (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 992, 24 novembre 1904). — L'hystérésis magnétique du fer varie dans un champ magnétique alternatif, et l'on sait que Marconi a utilisé cette propriété à la construction d'un récepteur d'ondes particulier ou détecteur magnétique. Mais l'appareil réalisé a l'inconvénient d'exiger l'emploi d'un téléphone pour la réception des signaux et de ne laisser ainsi aucune trace visible des communications. — Le récepteur décrit par l'auteur, basé sur le même principe, permet au contraire la mise en action d'un appareil inscripteur. Il est représenté en ses traits essentiels dans les figures 1 et 2. Un aimant AB est mobile autour d'un axe horizontal, et dans le champ magnétique de cet aimant est disposée une pièce de fer ou d'acier EE qui peut être animée d'un mouvement

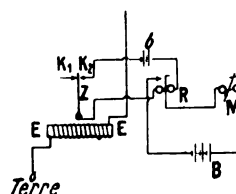
Fig. 1 et 2.



de rotation. La pièce E est pourvue de quelques spires de fil dont les extrémités sont reliées à deux bagues collectrices SS isolées de l'axe; deux lames ressorts appuient légèrement sur ces bagues. Un petit électromoteur, non représenté sur la figure, donne le mouvement à la lame E. Si la pièce de fer tourne avec une vitesse constante, elle est soumise à des actions magnétiques périodiques et le travail magnétisant ainsi produit est déterminé par la nature de la pièce en mouvement et par l'intensité du champ magnétique. Par suite de ce travail d'hystérésis, l'aimant est soumis à un moment de rotation dont l'effet est de causer une déviation de cet aimant dans le sens de la rotation de E. La déviation produite est une mesure directe de l'hystérésis du fer, les courants de Foucault dans le fer n'ont en effet aucune part dans le phénomène; on peut s'en convaincre facilement en remplaçant la pièce de fer par une lame de cuivre d'égales dimensions : l'aimant n'éprouve alors aucune déviation. — Pour une vitesse de rotation suffisante de la pièce de fer, l'aimant arrive, sous un angle d'inclinaison déterminé, à une position d'équilibre et conserve cette position tant que la vitesse de rotation oscille en dedans de certaines limites. Pour obtenir une déviation aussi constante que possible, l'aimant est d'ailleurs pourvu d'un amortisseur composé d'une

aillette métallique plongeant dans l'huile ou la glycérine. — Si maintenant, la pièce E tournant et l'aimant occupant une position angulaire constante, on envoie un courant alternatif dans l'enroulement entourant la pièce E, l'hystérésis du fer diminue immédiatement; le moment exercé sur l'aimant décroît, et l'aimant revient d'un certain angle dans le sens opposé à la rotation de E. Dès que le courant alternatif est interrompu, l'aimant retourne à la position précédente. Ce mouvement sert dans l'appareil à établir ou à rompre un contact; à cet effet, l'aimant est pourvu d'une aiguille Z qui porte deux contacts pouvant s'appuyer sur les bornes K₁ ou K₂; un circuit local est ainsi ouvert ou fermé par les mouvements de l'aiguille. L'installation peut être modifiée de différentes manières; on peut, par exemple, relier à l'aiguille une pointe de platine qui ferme le circuit en plongeant légèrement dans une goutte de mercure. — Lorsqu'on doit utiliser cet appareil comme détecteur d'ondes électriques,

Fig. 3.



à l'une des lames ressorts, f_2 par exemple, est reliée l'antenne de la station réceptrice, l'autre ressort étant mis à la terre. Les ondes atteignant l'antenne parcourent l'enroulement de la pièce de fer, et l'action indiquée précédemment se produit. Le montage est représenté schématiquement en figure 3. — Le mouvement de l'aimant provoqué par l'action des ondes établit le contact K₂ et par là ferme le circuit d'un relais R qui met en action de la manière connue un appareil inscripteur. Les signaux sont rendus par des traits et des points suivant que l'action des ondes est longue ou brève. Le relais peut également être disposé pour courant de repos; dans ce cas le circuit du relais, au lieu d'être fermé, est interrompu par le mouvement de l'aiguille. — La sensibilité de l'appareil peut être augmentée par le montage d'une capacité parallèlement à l'enroulement qui entoure la lame de fer. Ce récepteur a l'avantage sur le cohéreur ordinaire d'être autodécohérent; il revient de lui-même en position pour recevoir de nouvelles ondes. Il est également moins exposé aux influences extérieures accidentelles. — Rappelons que le même principe a été utilisé par Ewing et L.-H. Walter à la construction d'un récepteur magnétique (*Revue électrique*, t. 1, p. 343, 15 juin 1904), et qu'un autre détecteur magnétique, de dispositions différentes, a été indiqué également par Ricardo Arno (*Revue électrique*, t. II, p. 148, 15 septembre 1904).

J. R.

BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie : ANTHONY. USAP. 783604, 10 mai 1902 (système télégraphique). — ARMSTRONG. USAP. 784529, 29 déc. 1902 (transmetteur). — DEGENS. DRP. 159913, 2 mars 1904 (télégraphe imprimeur). — HEPINSTALL. USAP. 784858, 1^{er} février 1904 (transmetteur). — INWOOD. USAP. 784860, 16 août 1904 (dispositif télégraphique entre voitures et stations). — KORN. USAP. 785221, 9 nov. 1903 (télégraphe automatique). — MOYER. USAP. 785266, 8 fév. 1904 (télégraphe). — **Télégraphie sans fil** : BLONDEL. USAP. 783923 et 783992, 3 déc. 1900 et 7 juillet 1903. — DELANY. USAP. 781873, 10 juillet 1903. — EISENSTEIN. BP. 26696, 1904.

MESURES ET ESSAIS.

Électromètre à sextants et à aiguille neutre, par GUINCHANT (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 851, 27 mars). — Les difficultés que l'on rencontre, dans l'électromètre à quadrants, pour charger l'aiguille tout en lui conservant une grande mobilité et un zéro fixe, ont engagé l'auteur à chercher un dispositif permettant de faire agir les forces électriques par influence seulement sur l'aiguille mobile. Celle-ci peut alors être suspendue par un fil de cocon qui l'isole complètement ou par un fil de soie artificielle qui la maintient au potentiel du crochet de suspension. Le couple directeur peut être donné, soit en formant avec le fil une suspension bifilaire, soit encore par un minuscule barreau aimanté permettant de faire varier la sensibilité au moyen d'un aimant directeur. — Les secteurs reliés aux sources d'électricité sont au nombre de six, placés dans un mince plan au-dessous de l'aiguille; les secteurs opposés par le sommet sont reliés entre eux. Les deux secteurs centraux, de grande surface, constituent une sorte de 8 évasé autour du centre et couvrent un angle d'environ 80°; de part et d'autre sont situés, à une très faible distance, des secteurs plus petits couvrant chacun un angle moitié moindre. Au-dessus du plan des secteurs se trouve l'aiguille formée par une lame de mica argentée. Elle recouvre la totalité des secteurs centraux et le tiers environ des secteurs latéraux. Des palettes de mica produisent l'amortissement. La théorie de cet instrument est exactement la même que celle de l'électromètre à quadrants; elle conduit à la même formule. On peut considérer un secteur latéral, l'aiguille et la moitié d'un secteur central comme formant un système de deux condensateurs en cascade. Soient C la capacité constante d'un secteur central et de l'aiguille, c et c' les capacités des secteurs latéraux avec l'aiguille. Les capacités des systèmes formés par la moitié du secteur central et chaque paire de secteurs latéraux seront

$$\gamma = \frac{Cc}{C+c}, \quad \gamma' = \frac{Cc'}{C+c'}.$$

Lorsque l'aiguille aura tourné d'un angle α , les forces électrostatiques produiront un couple dont le moment, égal au quotient d'un travail virtuel par le déplacement angulaire, sera

$$\frac{1}{2} d\gamma \frac{(V-v)^2}{dx} + \frac{1}{2} d\gamma' \frac{(v'+V)^2}{dx}.$$

Or

$$d\gamma = \frac{C^2}{(C+c)^2} dc, \quad d\gamma' = \frac{C^2}{(C+c')^2} dc'.$$

D'autre part dc et dc' sont proportionnels à $d\alpha$, car

$$dc = -dc' = k \frac{R^2}{e} d\alpha,$$

R étant le rayon de l'aiguille et e sa distance aux secteurs. Comme C est beaucoup plus grand que c et c' , et comme d'autre part les déviations sont faibles à partir de la position du repos pour laquelle $c = c'$, on peut considérer comme égaux les rapports de c et de c' à C . En désignant par k les couples de torsion, l'équilibre devient

$$k\alpha = \frac{k}{2} \frac{R^2}{e} \frac{C^2}{(C+c)^2} [(V-v)^2 - (v'-V)^2],$$

$$\alpha = A(v'-v) \left(V - \frac{v+v'}{2} \right).$$

Le modèle d'étude construit par M. Guinchamp donne une déviation de 310^{mm} sur une échelle placée à 1^m avec une pile de charge de 200 éléments Volta. Le couple directeur étant donné par un fragment d'acier aimanté, sans aimant compensateur. La distance des aiguilles au plan des secteurs était de 2^{mm},5. Les conséquences de la formule théorique ont pu être facilement vérifiées avec ce modèle.

Compteurs électriques (*Electrician*, t. LIV, p. 456, 533, 573, 621, 659, 742, 795, 832; 874, 915, 998, du 6 janvier au 7 avril). — Dans cette série d'articles, extraits d'un ouvrage en cours d'impression, l'auteur, M. C.-H.-W. Gerhardt, examine successivement les compteurs pour courants alternatifs, les compteurs pour courants continus et enfin ceux pouvant être utilisés indifféremment avec ces deux espèces de courants. Dans le premier groupe sont décrits, suivant l'ordre alphabétique, les compteurs Bat, Brush-Gutmann, Eclipse, Ferranti, Hookham, Hummel, Sheffer, Stanley, Thomson, Westinghouse; dans le second, les compteurs Acme, Bastian, Eclipse, Electrical Company, Hookham, O. K. Reason.

Sur l'enregistrement de l'ionisation de l'atmosphère, par NORDMANN, LANGEVIN et DE KOWALSKI (Discussion faite à la séance du 3 mars de la Société de Physique). — Récemment nous signalions ici (p. 124, 23 février) un enregistreur construit par MM. Langevin et Moulin et un projet d'appareil du même genre dû à M. Nordmann. Dans la description de cet appareil donnée à la Société de Physique, M. Nordmann ayant fait quelques critiques à l'appareil de MM. Langevin et Moulin, une discussion s'engagea entre MM. Langevin, Nordmann et de Kowalski. — M. Langevin critique à son tour le dispositif de M. Nordmann et, en particulier, l'emploi d'un écoulement d'eau pour enlever les charges apportées par les ions. Il estime que, pour obtenir une fuite proportionnelle au voltage du système électrode-électromètre, il est plus simple de relier celui-ci à un plateau métallique isolé placé dans un récipient métallique relié au sol et contenant une certaine quantité d'un sel d'uranium; l'air rendu conducteur par la radiation fournit ainsi, sous une différence de potentiel très faible, un courant exactement proportionnel à cette différence: on éviterait ainsi, sans parler d'autres inconvénients, ceux dus à l'humidité et à la nécessité de renouveler l'eau. — M. de Kowalski fait remarquer à ce sujet qu'il a obtenu de très bons résultats en employant le procédé que M. Langevin vient de signaler: il enferme, dans un récipient couvert de plomb et suffisamment éloigné de l'électromètre pour que les radiations qui pourraient sortir jouent un rôle inappréciable, une certaine quantité d'amalgame d'uranium qui lui permet de doser exactement la quantité de matière active employée. — M. Nordmann répond qu'il est à craindre que l'emploi de substances radioactives ne perturbe, par suite de radioactivité induite ou par suite de rayonnement direct à travers les portions isolantes de l'enceinte, les phénomènes d'ionisation naturelle de la température, et que ce motif a paru suffisant aux physiciens allemands pour éliminer soigneusement les substances radioactives des bâtiments où fonctionnent des appareils destinés à l'ionisation atmosphérique.

Dispositif auto-amortisseur applicable aux mouvements pendulaire et oscillatoire, par V. CRÉMIER (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1029, 10 avril). — Dans ce dispositif le pendule ou, en général, l'équipage oscillant est creusé d'une cavité cylindrique dont l'axe se confond avec l'axe d'oscillation; un ou plusieurs disques sont disposés dans cette cavité qui peut être ou non remplie d'un liquide visqueux; ces disques sont munis d'un contrepoids s'ils sont verticaux (cas du pendule) ou d'une aiguille aimantée dirigée par un champ magnétique s'ils sont horizontaux (cas d'un équipage galvanométrique). Quand le système oscille, les disques se trouvent entraînés par suite de la viscosité du liquide ou de l'air remplissant la cavité, mais à cause de leur très courte période ils reprennent rapidement leur position d'équilibre; il en résulte un travail contre la viscosité et un amortissement, qui peut être très considérable, du mouvement pendulaire ou oscillatoire.

DIVERS.

Sur la variation du pouvoir inducteur spécifique du verre avec la fréquence, par A. BROCA et TURCHINI (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 780-782, 20 mars). — Dans une série de mesures relatives aux courants de haute fréquence, les auteurs ont eu besoin de capacités susceptibles d'être connues à 1 dixième de leur valeur, pour des fréquences variant approximativement entre 10^5 et 3×10^6 . N'ayant pu employer des condensateurs à air, qui auraient été trop coûteux et trop encombrants, ils ont employé des bouteilles en verre; mais il fallait savoir comment variait leur capacité avec la fréquence. — Dans ce but, la capacité C d'un condensateur à lame de verre (verre identique à celui des bouteilles employées) est comparée à la capacité C_0 d'un condensateur à lame d'air. Pour cela, l'une des armatures de chaque condensateur est reliée à un point A d'un circuit parcouru par des courants de haute fréquence; les deux autres armatures sont respectivement reliées avec deux plateaux d'un électromètre de Hankel dont la feuille d'or centrale est en communication avec la cage de l'appareil et avec le point A. Si l'appareil est bien symétrique et les capacités égales, la feuille d'or reste dans sa position d'équilibre; comme la symétrie ne peut être parfaite, la position d'équilibre de la feuille correspond à un rapport des capacités C et C_0 différent de l'unité, mais constant. Les courants de haute fréquence étant produits par une bobine de Ruhmkorff, les oscillations du potentiel ne sont pas régulières; en particulier, il y a augmentation lente du potentiel avant l'éclatement de l'étincelle oscillante. Pour empêcher la charge des condensateurs pendant cette perturbation lente, le point A est relié à la terre par un circuit très inductif (secondaire d'une bobine de 70 cm d'étincelle): tant que dure la perturbation, le courant s'écoule dans la terre; quand les oscillations de haute fréquence ont lieu, elles ne peuvent passer dans le circuit de terre par suite de la grande inductance de celui-ci.

— Les expériences ainsi faites ont montré que, pour des fréquences comprises entre 10^5 et 3.10^6 , la variation de la capacité C était à peine sensible: c'est tout au plus si, au microscope, on pouvait observer un mouvement de la feuille d'or indiquant que le pouvoir inducteur du verre décroît très légèrement pour les fréquences croissantes dans les limites indiquées. Par conséquent, dans les calculs de la période de courants de cet ordre de fréquence produits avec des condensateurs à lame de verre, on peut considérer la capacité comme constante. Mais quelle est cette capacité par rapport à la capacité mesurée avec des charges lentes? Pour résoudre cette question, les auteurs ont employé successivement des courants de fréquences 10, 42, 200 et 100000; ils ont trouvé que l'écartement des plateaux du condensateur à air équilibrant le condensateur à lame de verre avait pour valeurs respectives 5 mm , 5 , 7 mm , 9 mm , 10 mm , 5 . La capacité pour la fréquence 10^5 est donc la moitié de celle mesurée avec la fréquence 10 et les 7 dixièmes de celle mesurée avec la fréquence (42) du courant du Secteur de la Rive gauche.

Sur l'ionisation produite entre deux plateaux parallèles par l'émanation du radium, par W. DUANE (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 786, 20 mars). — Des résultats exposés dans cette Note et dans une Note antérieure (t. III, p. 189), l'auteur déduit les conséquences suivantes: 1° Si l'on admet que la charge d'un ion est $e = 3.10^{-10}$ unité électrostatique, on trouve que le nombre maximum d'ions de chaque signe produits en 1 seconde par l'unité d'émanation est

$$0,63 : e = 2,1.10^9;$$

— 2° Si l'énergie nécessaire pour ioniser 1 molécule d'air est égale à 3.10^{-11} erg (Stark et Langevin), l'énergie d'ionisation

peut produire l'unité d'émanation pendant sa vie est au total égale à $3,13.10^4$ ergs. Cette énergie, pour l'émanation dégagée par 1^{re} de bromure de radium pendant 1 heure, correspond à 2,7 petites calories, soit environ $\frac{1}{10}$ de la chaleur totale dégagée par le bromure de radium pendant le même temps; — 3° Si l'émanation en équilibre au bout d'un temps prolongé avec 1^{re} de bromure de radium est égale à celle qui occupe $0\text{ cm}^3,00088$ à l'état gazeux à 0° et 760 mm de pression (Ramsay et Soddy), et si le nombre de molécules dans chaque centimètre cube, multiplié par la charge d'un ion, est égal à $1,24.10^{10}$ (Towsend), on peut en conclure qu'une molécule d'émanation produit en se détruisant 14500 ions de chaque signe. L'énergie utilisée en produisant ces ions est égale à $4,4.10^{-11}$ erg, soit environ $\frac{1}{10}$ de l'énergie d'une particule α trouvée par Rutherford.

Les émanations radioactives sont-elles électrisées? par A. BATTELLI et F. MACCARRONE. (*L'Elettricista*, t. XIII, p. 182, 15 juin 1904). — Les recherches effectuées jusqu'ici sur les émanations des substances radioactives ont donné des résultats discordants. Les expériences de Rutherford (1) conduiraient à prouver que les émanations du radium ne transportent pas de charges électriques, mais les résultats ne sont pas décisifs par suite des conditions expérimentales. Becquerel (2) a été de son côté amené à considérer ces émanations comme composées d'ions positifs directement émis par les corps radioactifs. Enfin, pendant les recherches des auteurs, McClelland (3) a publié un Mémoire dont la conclusion est que les émanations ne sont pas électrisées. — Les expériences exécutées par MM. Battelli et Maccarrone ne se rapportent pas aux mêmes substances et ont pu de plus être conduites jusqu'à la température de l'air liquide. De l'azote traverse une solution de substance radioactive, puis des tubes à potasse caustique et à anhydride phosphorique; il circule ensuite dans l'espace annulaire de deux tubes métalliques ou de verre argenté, passe par le tube central et s'échappe à travers une boule remplie de laine, de verre et deux tubes sécheurs. — Les tubes métalliques ou métallisés de l'appareil principal sont soigneusement isolés, le tube central communique avec un disque métallique verni à la gomme laque, disque que nous appellerons *d*. — Pour déceler les traces d'électrisation, on a employé un électroscope de très faible capacité semblable à celui de Blondlot (4). La charge de l'électromètre est amplifiée de la façon suivante: Au-dessus du disque *d* est un disque égal *d'* oscillant mécaniquement entre une pièce métallique qui établit la communication avec l'électroscope et un contact avec le sol établi à quelques dixièmes de millimètre du disque *d*. Avec ce dispositif et pour une même charge, la déviation est 30 fois plus grande qu'en reliant directement le tube collecteur à l'électroscope. — Pour opérer à très basse température, le système des tubes concentriques servant à déceler l'électrisation des émanations est plongé dans un récipient de Dewar contenant de l'air liquide soigneusement débarrassé des traces d'anhydride carbonique et d'autres substances en suspension pour éviter l'électrisation accidentelle des corps qu'on y immerge. — Les expériences ont été exécutées avec une solution de sel de baryum et de radium et avec la substance d'émanation de Giesel. — Dans aucun cas on n'a pu constater le moindre transport de charges électriques. — Les auteurs en concluent que les émanations des substances radioactives ne sont pas les restes d'atomes ayant perdu leurs ions positifs et ne sont pas davantage formées par les ions positifs mêmes. G.

(1) *Phil. Mag.*, 5^e sér., t. XLIX, p. 1, 1900, et 6^e sér., t. V, p. 93, 1903.

(2) *C. R.*, t. CXXXIII, p. 977, 1901.

(3) *Phil. Mag.*, 5^e sér., t. VIII, p. 355, 1904.

(4) *Journ. de Phys.*, 3^e sér., t. I, p. 5, 1902.

BIBLIOGRAPHIE (').

Les accessoires des chaudières, par GEORGES FRANCHE, Ingénieur A. et M. et E. C. P. 1 vol., format 25^{cm} × 16^{cm}, 384 pages, 179 figures. Henry Paulin et C^{ie}, éditeurs, 21, rue Hautefeuille, Paris. Prix : broché, 8^{fr}.

Dix parties composent l'Ouvrage. Quelques indications pratiques sur la *conduite des feux* forment la première, des considérations fort intéressantes et très étendues (occupant une centaine de pages) sur l'*épuration des eaux d'alimentation* constituent la deuxième; la troisième est consacrée aux *indicateurs de niveau d'eau*; la suivante s'occupe de l'*alimentation* (pompes alimentaires, bouteilles, injecteurs); viennent ensuite les *appareils de chauffage* (souffleurs sous grille, foyers mécaniques, foyers à pétrole), les *manomètres*, les *clapets de retour d'alimentation*, les *appareils divers*; enfin, la dixième partie, qui n'occupe pas moins d'une centaine de pages, donne la reproduction intégrale des lois, décrets ou instructions ministérielles qui régissent aujourd'hui les appareils à vapeur.

Toutes les questions, pourtant si nombreuses, que soulève la conduite des chaudières à vapeur sont donc étudiées dans cet Ouvrage. Elles le sont d'ailleurs assez complètement pour que le lecteur se trouve ainsi mis au courant des perfectionnements les plus récents concernant les appareils accessoires des générateurs de vapeur. Certains de ces perfectionnements permettant d'obtenir, non seulement une plus grande sécurité de fonctionnement, mais encore une économie de matériel et de combustible qui est loin d'être négligeable, il est à présumer que l'Ouvrage de M. Franche sera bien accueilli des ingénieurs et des industriels.

H. B.

Radioactivité, par J. DANIEL, Ingénieur des Arts et Manufactures. 1 vol., format 24^{cm} × 16^{cm}, 120 pages, 40 figures. V^{ie} Ch. Dunod, éditeur, 49, quai des Grands-Augustins, Paris. Prix : broché, 3^{fr}, 50.

Parmi les phénomènes dont s'occupe actuellement la Science, il n'en est guère qui présentent un intérêt comparable aux manifestations de la radioactivité. Cet intérêt résulte du caractère imprévu, inexplicable même, dont ces manifestations sont revêtues.

« Dans tous les pays, dit l'auteur, les savants les plus éminents se passionnent pour l'étude de ces phénomènes nouveaux. Chaque jour, le résultat de leurs recherches fait l'objet de mémoires, de notes dont les conclusions offrent des contradictions, marquées parfois.

» Sans prétendre aucunement y apporter de contribution personnelle, nous nous sommes borné à coordonner ces éléments, afin de présenter un exposé aussi complet que possible de la question... »

Cet exposé constitue réellement une œuvre scientifique, ainsi que l'a constaté M. Becquerel, qui a bien voulu en parcourir les épreuves. D'autre part, il est présenté sous une forme des plus simples, parfaitement accessible aux gens du monde.

Hypochlorite und elektrische Bleiche, par Emil ABEL, chimiste de la Siemens und Halske A.-G., Vienne. Un volume format 24^{cm} × 16^{cm}, 110 pages, 10 figures, 10 tableaux. Wilhelm Knapp, éditeur, Halle a. S. Prix : broché, 4,5 mark.

Cette brochure forme le 17^e volume de la collection des *Monographies d'Electrochimie appliquée*. L'auteur n'y considère que la partie théorique de la fabrication des hypochlorites et des liqueurs de blanchiment. Il expose tout d'abord les propriétés des ions positifs H, Na et des ions négatifs OH, O, Cl, ClO, ClO² qui, selon les circonstances, interviennent dans l'électrolyse des solutions de chlorure de sodium. Puis il examine quelles sont les conditions qui influent sur la production de telle ou telle réaction. Il s'occupe ensuite du mécanisme du blanchiment et termine par l'étude des avantages et inconvénients que présentent les diverses substances que l'on peut utiliser pour constituer les électrodes.

L'ensemble constitue un excellent résumé des nombreux travaux de laboratoire effectués en Allemagne pendant ces dernières années et publiés par la presse technique avec un luxe de détails qui les rendaient fort peu attrayants à lire.

H. B.

Hypochlorite und elektrische Bleiche, par VIKTOR ENGELHARDT, Ingénieur et Chimiste en chef de la Société Siemens et Halske, de Vienne. Un vol., format 25^{cm} × 17^{cm}, 275 pages, 266 figures. Wilhelm Knapp, éditeur, Halle a. S. Prix : broché, 12 mark.

Parmi les industries électrochimiques, la fabrication des hypochlorites et le blanchiment électrolytique occupent les premiers rangs. Aussi trouvons-nous, dans ce volume des *Monographies d'Electrochimie appliquée*, non seulement des descriptions de brevets, mais encore de nombreux renseignements, accompagnés de dessins et de photographies, sur la manière dont les appareils doivent être installés et conduits. De ce fait, l'Ouvrage gagne beaucoup en intérêt pour les praticiens. D'ailleurs la compétence de l'auteur, sous la direction de qui est placée la publication des *Monographies*, est un sûr garant de l'exactitude et de l'importance des documents qu'il a cru devoir publier dans son Ouvrage et rend celui-ci des plus instructifs pour les électrochimistes.

T. P.

(') Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Nouveau chemin de fer souterrain à Paris.

Une loi vient de déclarer d'utilité publique l'établissement, dans la ville de Paris, d'un chemin de fer d'intérêt local souterrain de Montmartre à Montparnasse.

La Ville de Paris est autorisée à pourvoir à l'exécution et à l'exploitation de ce chemin de fer, conformément aux clauses d'une convention passée le 31 janvier 1904, entre le Préfet de la Seine et MM. Berlier et Janière, auteurs du projet.

La ligne partira du boulevard Edgard-Quinet (quatorzième arrondissement, Observatoire) et aboutira à la place des Abbesses (dix-huitième arrondissement, Butte-Montmartre); elle empruntera le sous-sol des voies publiques ci-après désignées : boulevard Edgard-Quinet, rue d'Odessa, rue de Rennes, boulevard Raspail, boulevard Saint-Germain, place de la Concorde, rue Boissy-d'Anglas, rue de l'Arcade, rue Pasquier, rue Saint-Lazare, place de la Trinité, rue Blanche, rue Pigalle, place Pigalle, rue Houdon, place des Abbesses.

Des prolongements et adjonctions éventuels emprunteront le sous-sol des voies publiques ci-après : 1° prolongement de la ligne depuis la gare Montparnasse jusqu'à la porte de Versailles; boulevard Montparnasse et rue de Vaugirard; 2° tronçon allant de la porte de Saint-Ouen à la gare Saint-Lazare; avenue de Saint-Ouen, avenue de Clichy, place Clichy et rue d'Amsterdam.

La ligne sera à double voie; sa largeur entre les bords intérieurs des rails mesurera 1^m,44. La largeur du matériel roulant ne dépassera pas 2^m,40; sa hauteur au-dessus des rails sera au plus de 3^m,40. La largeur de l'entre-voie normale, mesurée entre les bords intérieurs des rails, sera de 1^m,46. L'épaisseur de la couche du ballast sera d'au moins 0^m,35. Les alignements seront raccordés entre eux par des courbes dont le rayon ne pourra être inférieur à 75^m. Une partie droite de 20^m au moins de longueur devra être ménagée entre deux courbes consécutives lorsqu'elles seront dirigées en sens contraires. Le maximum de déclivité est fixé à 0^m,04 par mètre. Une partie horizontale de 20^m au moins devra être ménagée entre deux déclivités consécutives de sens contraires et versant les eaux au même point.

Les souterrains destinés au passage du chemin de fer auront une largeur minimum de 6^m,70 entre les pieds-droits à 1^m de hauteur au-dessus du rail. Cette largeur régnera jusqu'à 2^m au moins au-dessus du niveau du rail. Des garages seront établis à 50^m de distance de chaque côté et seront disposés en quinconces d'un côté à l'autre.

Quatorze stations sont d'ores et déjà prévues. Les escaliers qui y donneront accès pourront déboucher sur la voie publique partout où le préfet de la Seine reconnaîtra que cette disposition ne gêne pas la circulation

générale; partout ailleurs, ils devront déboucher dans des immeubles riverains où les concessionnaires devront acquérir le droit de les installer en recourant, au besoin, aux formalités d'expropriation.

Les concessionnaires s'obligent à installer, dans toute station où la différence de niveau entre le sol et la voie publique et le quai dépassera douze mètres, des ascenseurs destinés à la montée et à la descente des voyageurs.

Le chemin de fer souterrain devant couper en divers points les lignes du chemin de fer métropolitain municipal, qui a fait l'objet du cahier des charges et de la convention annexés à la loi du 30 mars 1898, ou prendre contact avec elles, les concessionnaires devront en étudier le tracé de façon que les stations soient aussi rapprochées que possible de celles du chemin de fer métropolitain.

Des communications souterraines seront créées entre ces stations partout où l'administration le jugera possible.

Le nombre minimum des voyages qui devront être faits tous les jours dans chaque sens est fixé à 250. Chaque train comprendra au minimum 100 places; sa longueur ne devra pas dépasser 72^m.

Il y aura deux classes de places dans les mêmes conditions que celles qui sont en vigueur pour l'exploitation des lignes du Métropolitain.

Les concessionnaires paieront à la Ville de Paris 0^r,01 par chaque billet, de 1 à 30 millions de billets de 0^r,15, 0^r,20 et 0^r,25, délivrés dans le courant d'une année.

A partir et au delà de 30 millions de voyageurs transportés payant comme ci-dessus :

0^r,02 pour chaque voyageur payant 0^r,15 ou 0^r,20;
0^r,025 pour chaque voyageur payant 0^r,25.

Ils paieront, en outre, à la Ville de Paris, 50 pour 100 du produit net de la publicité faite à l'intérieur ou dans les dépendances de la ligne concédée, ainsi que 50 pour 100 du produit net de tous les appareils quelconques, automatiques ou autres, qui pourraient être autorisés dans les mêmes dépendances.

Sociétés savantes et techniques.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE. — Au moment où nous mettons sous presse, l'Exposition de Pâques attire dans les salles de l'hôtel de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale une foule non moins compacte que les années précédentes, bien que, précisément pour diminuer l'encombrement, la durée de l'Exposition ait été cette année augmentée d'un jour.

Nous indiquerons dans notre prochain numéro les nombreux appareils concernant l'Électricité qui sont exposés. Signalons immédiatement, comme ayant plus spécialement attiré l'attention par suite de leur nouveauté : les lampes Cooper-Hewitt éclairant le vestibule

d'entrée, les lampes au tantale, les condensateurs Moschicki.

Cinq conférences sont annoncées. Quatre se rapportent à l'Électricité et au Magnétisme qui, on le voit, tiennent une place importante parmi les sujets d'étude des physiciens. La cinquième, portant sur la *Thermodynamique et les théories cinétiques*, a été faite ce matin par M. A. Lorentz, professeur à l'Université de Leyde; elle a été, à tous points de vue, admirable.

Rappelons qu'une exposition annexe, qui durera jusqu'au 4 mai, a été installée au Musée pédagogique, 41, rue Gay-Lussac; elle comprend le matériel nécessaire aux exercices pratiques de physique institués par les nouveaux programmes; là encore les appareils électriques sont nombreux.

Informations diverses.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — La télégraphie sans fil a pris un assez grand développement en Italie; voici quelques renseignements sur ce sujet, empruntés à l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 27 octobre. — Une liaison par télégraphie sans fil a été inaugurée en août dernier entre Bari, en Italie, et Antivari, au Montenegro. La taxe télégraphique se compose d'un droit fixe d'une lire et d'une redevance proportionnelle de 0^{fr},09 par mot. Comme les transmissions télégraphiques ordinaires entre ces deux villes reviennent à 0^{fr},24 par mot, le nouveau mode de communication réalise une sensible économie pour des télégrammes de plus de 6 mots. — La station de Bari a une portée de 600^{km}; les autres stations italiennes de télégraphie sans fil, ouvertes au public, ont une portée moitié moindre. Ce sont les suivantes : Cap Mele, Palmaria, Cap Sperone, Campo alle Serre, Asinara, Ponza, Santa Maria di Leuca, Viesti, Monte-Capucini di Ancona et les tours des pilotes de Malamocco et Trapani. Toutes ces stations prennent des télégrammes venant de l'intérieur pour les transmettre aux bâtiments naviguant au large; inversement, elles reçoivent de ces bâtiments des télégrammes sans fil que les lignes terrestres transmettent ensuite à l'intérieur. Parmi les bâtiments faisant le service transatlantique qui sont en relation avec les ports italiens, il en est un grand nombre qui sont pourvus d'appareils de télégraphie sans fil et peuvent par conséquent entrer en communication avec les stations côtières, aussitôt qu'ils entrent dans la zone d'action de ces stations. On peut citer en particulier des navires des compagnies suivantes : Société générale de navigation italienne, Cunard-Linie, Norddeutschen Lloyd, Atlantic Transport Line, Allan Line, Red Star Line, American Line, Compagnie Générale Transatlantique, Hamburg-Amerika-Linie, et bâtiments du gouvernement belge. Tous les bureaux télégraphiques d'Italie prennent des télégrammes destinés aux bâtiments pourvus d'appareils Marconi qui sont en situation de parvenir dans la zone d'action des stations côtières de télégraphie sans fil. Sont également reçus dans tous les bureaux italiens et conduits sur la ligne Bari-Antivari les télégrammes dirigés sur le Montenegro ou les autres États reliés télégraphiquement avec le Montenegro. La taxe perçue est de 0^{fr},63 par mot

pour les télégrammes échangés entre la côte et les navires situés en deçà de 300^{km}.

— Le bateau-feu de Nantucket, dont les appareils Marconi ont été retirés il y a quelque temps sur l'ordre du gouvernement des États-Unis, parce que la Société refusait de faire entrer son installation en relation avec d'autres systèmes, vient d'être équipé d'après le système Telefunken, par la Gesellschaft für Drahtlose Telegraphie.

— D'après *Western Electrician* du 25 février, il est question de créer à San-Francisco une station de télégraphie sans fil qui servirait à établir des liaisons télégraphiques avec Panama, Hawaï et les Philippines. Entre San-Francisco et Panama, deux voies sont prises en considération : un chemin direct par l'ouest et un chemin par l'est, passant par Denver, Kansas-City, Chicago, New-York, Key-West, Porto-Rico et Cuba.

— Marconi a fait récemment, devant la Royal Institution de Londres, une conférence sur les progrès récents réalisés en télégraphie sans fil. Il fit remarquer, entre autres, que les inconvénients liés à l'interception possible des télégrammes sont exagérés par les profanes; le télégraphiste expérimenté sait que quelque chose de semblable est également possible avec la télégraphie usuelle. Dans beaucoup de cas, par exemple, lorsqu'un bateau se trouvant en détresse demande du secours, on doit même envisager comme un avantage le fait que la nouvelle est reçue par un certain nombre de bateaux ou de stations à terre. Comme dans d'autres cas, l'*interférence* peut être un inconvénient, Marconi rappela qu'il avait imaginé un moyen de s'en débarrasser, et ce moyen consiste, comme on le sait, dans l'accord des stations sur différentes périodes. Le détecteur magnétique qu'il a construit est supérieur au cohéreur; il permet une grande rapidité de transmission et la reproduction écrite automatique des signes; récemment le détecteur a pu recevoir, à 250^{km} au-dessus de la terre ferme, 24 mots à la minute. Marconi présenta un dispositif récepteur avec détecteur magnétique, dans lequel un récepteur Wheatstone reproduisait les signes en écriture Morse. En ce qui concerne la télégraphie à grande distance, Marconi, toujours très optimiste, émit l'opinion que dans peu de temps les communications transatlantiques par télégraphie sans fil deviendraient non seulement possibles, mais encore seraient sûres et certaines. Les taxes à payer seraient beaucoup moins élevées que les redevances annuelles perçues par les compagnies de câbles. — Marconi parla également, dans sa conférence, de l'influence fâcheuse que la lumière du jour exerce sur la propagation des ondes électriques. A ce sujet, il a rassemblé de nombreuses expériences desquelles il résulte que, jusqu'à des distances de 250^{km}, cette influence n'est guère sensible; mais au delà, elle se fait sentir de plus en plus; on a trouvé, dans certains cas, que les portées respectives, pendant le jour et pendant la nuit, peuvent être dans le rapport de 2 à 5.

ELECTROCHIMIE. — Par décision du 24 octobre, le Conseil du Comté de Londres a élevé de 5 à 22 livres (2^{fr},26 à 9^{fr},95) le poids de carbure de calcium que l'on peut avoir chez soi sans autorisation spéciale.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

- I. **Accumulateurs Schmitt**, par T. PAUSERT, p. 257. — **La commande des trains électriques du Métropolitain de Paris**, par CH. JACQUIN, p. 260.
- II. **Génération et transformation** : L'évolution des machines et groupes électrogènes, par P. JANET, p. 263; Accumulateur Thomas Alva Edison, p. 267; Accumulateur E. I. T. au plomb allotropique, par G. ROSSET, p. 269; Brevets récents, p. 269. — **Traction** : Sur la comparaison des équipements à deux et à quatre moteurs, p. 270; Frein hydro-électrique A. E. C., p. 270; Brevets, p. 270. — **Eclairage** : La lampe et la soupape à mercure de Cooper Hewitt, par M. LEBLANC, p. 271; Sur les lampes à incandescence, par BAINVILLE, p. 281. — **Électrochimie et électrometallurgie** : Les progrès récents de l'électrochimie, par CHAUMAT, p. 282; Expériences sur l'oxydation de l'azote au moyen de l'arc électrique, par G. PIAGGIO, p. 283; Recherches sur la façon dont se comporte le sulfure de cuivre au point de vue électrolytique, par G. BODLANDER et C. IDASZEWSKI, p. 283.
- III. **Bibliographie**, p. 284.
- IV. **Variétés. Informations** : L'exposition de Pâques de la Société française de Physique; Sociétés savantes et techniques; Conférences sur l'état actuel des industries électriques; Informations diverses; Nécrologie; p. 285.

ACCUMULATEURS SCHMITT.

Les plaques construites par la Société des Accumulateurs Schmitt sont surtout caractérisées par ce fait que la matière active y affecte la forme de grains reposant les uns sur les autres sans lien ni soudure. Ces grains, irréguliers dans leurs formes, mais aussi réguliers que possible dans leurs poids, sont obtenus de la façon suivante : on malaxe les oxydes de plomb pulvérulents à l'aide d'acide sulfurique et de glycérine. Le mélange est introduit dans un cylindre d'acier, en couches de 10^{mm} d'épaisseur, séparées par des disques en tôles. Un piston mû par la pression hydraulique comprime alors la matière jusqu'à une pression de 700^{kg} par centimètre carré. On obtient ainsi des plateaux minces de matière d'une grande consistance, de très faible porosité et offrant, après 24 heures de séchage à la température ordinaire, la solidité d'un ciment. Ces plateaux sont concassés et débités en petits grains irréguliers, criblés au travers de plusieurs tamis donnant trois dimensions destinées aux différents usages.

Ces grains sont introduits dans des manchons en matière de préférence non conductrice, inattaquable aux acides et d'une grande résistance mécanique. Dans ces manchons, de forme quelconque, on a préalablement introduit une arma-

ture conductrice qui distribue le courant au sein des grains.

Le remplissage des manchons est différent pour les électrodes positives et pour les électrodes négatives. Les électrodes négatives sont remplies complètement et les grains sont tassés fortement les uns sur les autres afin de ne pas laisser entre eux d'espace libre; le manchon est alors fermé solidement. Les électrodes positives sont remplies imparfaitement et on laisse, au-dessus des grains, un espace libre, variable avec la dimension des grains employés. Après la formation des manchons positifs, on constate que la matière a considérablement augmenté de volume, au point de déterminer sur les parois du manchon un léger renflement. Tous les grains de matière étant fortement resserrés les uns contre les autres ainsi que contre le conducteur, on assure ainsi une bonne conductibilité dans toute la masse. Le foisonnement considérable obtenu est dû à la grande densité de la matière active fortement comprimée et aussi à l'adoption d'un régime de formation rapide.

Les constructeurs revendiquent comme avantage de cette construction une longue durée des plaques et ils en donnent l'explication suivante : les grains de matière subissent sans altération ni

désagrégation toutes les modifications dans leur volume sous l'action du foisonnement. Cette propriété est due au faible volume de chacun des grains que l'on peut considérer comme constituant par leur assemblage une surface pratique (épaisseur maxima $1^{\text{mm}},5$) sans solution de continuité, laissant dans toute sa masse le libre passage à l'électrolyte. Cette surface théorique, bien qu'homogène et sans solution de continuité (par suite du contact entre tous les grains), laisse chacune de ses particules indépendante et pouvant ainsi se modifier régulièrement et intégralement dans leur masse respective sous l'action du foisonnement ou des contractions pendant le travail électrochimique.

La forme et la composition des manchons ne sont pas les mêmes dans les éléments de traction et dans ceux d'allumage.

Éléments de traction. — Antérieurement, les plaques des éléments destinés à la traction des automobiles affectaient la même forme que les plaques des éléments d'inflammation décrites plus loin.

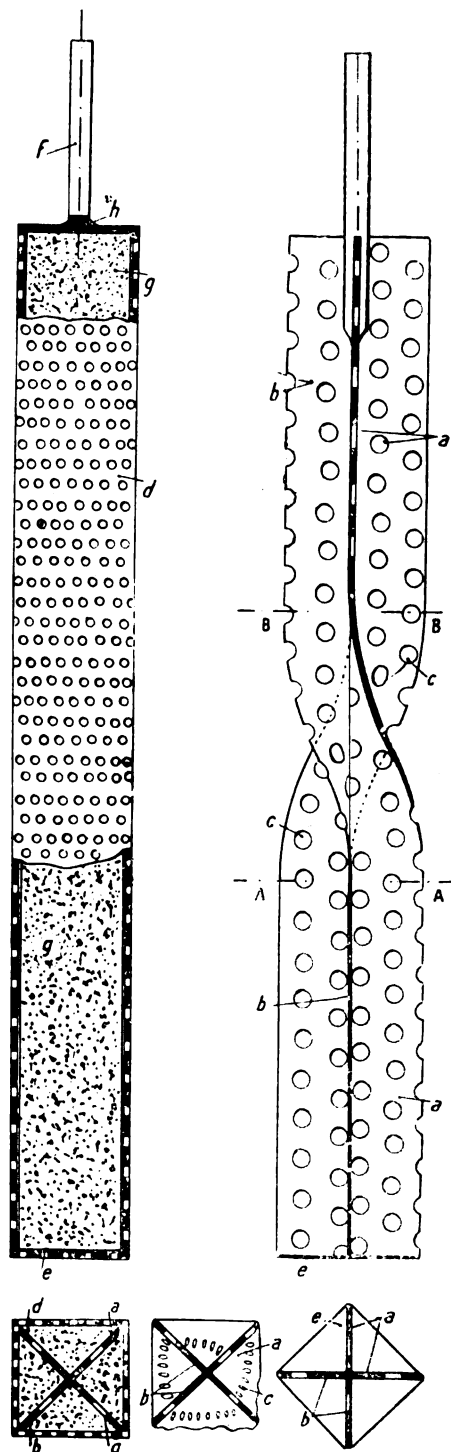
Actuellement, un élément pour automobiles est composé non pas de plaques, mais de tubes, les uns positifs, les autres négatifs. La figure 1 représente en élévation une électrode en forme de tube montée; la figure 2 en est une vue transversale. La figure 3 montre une vue en élévation d'un croisillon seul; les figures 4 et 5 sont des coupes transversales de ce croisillon suivant les lignes AA et BB de la figure 3.

L'électrode est constituée par un croisillon en plomb laminé ab perforé de trous c de $3^{\text{mm}},5$ de diamètre. On obtient ce croisillon en prenant deux lames cornières ab pliées à 90° et formant deux angles dièdres opposés par leurs sommets. Ce croisillon, de longueur variable, s'ajuste dans un fourreau carré d de 15^{mm} à 20^{mm} de côté qui est fermé à sa base et possède des parois perforées. L'extrémité inférieure du croisillon porte un plateau carré e en plomb qui y est soudé à son centre à la soudure autogène, le côté du plateau étant celui du carré dont les lames du croisillon font les diagonales. L'extrémité supérieure de ce croisillon porte une tige de plomb f reliant entre elles les deux lames cornières ab et servant de tige de connexion de l'électrode.

La matière active g qui remplit les vides du fourreau d est formée de grains indépendants

ayant un volume à peu près égal à celui d'une

Fig. 1 à 5.



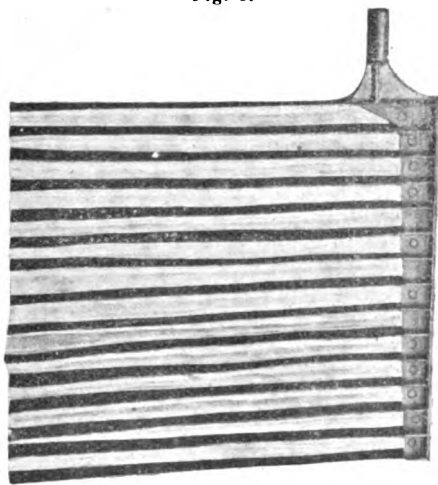
sphère de $0^{\text{mm}},7$ à $1^{\text{mm}},5$ de diamètre.

Une fois établi comme il vient d'être exposé, le croisillon *ab* est pincé à l'une ses extrémités qui demeure fixe; on fait ensuite tourner l'autre extrémité de 90° autour de son axe; les lames *ab* déterminent alors quatre surfaces hélicoïdales qui doivent occuper la partie moyenne du fourreau *d* dans sa longueur.

L'armature métallique *ab* étant montée dans le fourreau *d*, on introduit les grains *g* par l'extrémité supérieure ouverte. Ces grains se répartissent régulièrement dans les angles du croisillon. Quand le remplissage est achevé, on tasse fortement les grains, puis on obture l'extrémité supérieure au moyen d'un petit plateau de plomb laminé *h* identique à celui de la base et soudé par son trou central à la tige *f*. L'électrode est alors terminée.

L'inclinaison du pas de l'hélice a pour but de permettre aux grains de matière de descendre et de toujours se tasser fortement les uns sur les autres au cas d'une contraction survenue dans leur volume, à l'usage.

Fig. 6.



Le manchon *d* est en ripérite, matière composée d'un feutre d'amiante enrobé et noyé dans du caoutchouc. Cette matière est inextensible et s'obtient à tous les degrés de souplesse par une vulcanisation plus ou moins profonde. On perce ce manchon de trous de 1^{mm} de diamètre, de telle sorte que la surface de perforation est sensiblement la moitié de celle du manchon.

Un élément de traction est composé d'une série de ces électrodes positives et négatives montées de telle façon qu'une face quelconque de ces élec-

trodes se trouve en regard d'une électrode de nom contraire.

Nous avons réuni dans le Tableau suivant les principales caractéristiques relatives à un élément pour automobiles.

Type de l'élément.	S.T.6.
Nombre de tubes { positifs.....	17
{ négatifs.....	18

Dimensions en millimètres.

	mm
Hauteur des manchons (positifs et négatifs) ..	220
Côté des manchons positifs.....	15
Côté des manchons négatifs.....	16,5
Hauteur de l'élément (connexions comprises) ..	290
Longueur de l'élément.....	178
Largeur de l'élément.....	113

Poids en kilogrammes.

	kg
Électrodes positives..... 0,280.17 =	4,760
Électrodes négatives..... 0,260.18 =	4,680
Total des électrodes.....	9,440
Acide à 32° B.....	2,670
Connexions en plomb.....	1,160
Bac et couvercle.....	0,730
Total de l'élément.....	14,000
Capacités en ampères-heures { en 10 heures..	300
{ en 7 heures..	250
{ en 4 heures..	220

Le poids d'un tube positif 280^g comprend 190^g de matière active, 70^g de plomb et 20^g de manchon.

Un tube négatif pesant 260^g renferme 183^g de matière active, 55^g de plomb et 22^g de manchon.

Fig. 7.



Fig. 8.



Fig. 9.



Éléments d'allumage. — Dans ces éléments, les électrodes sont des plaques comportant une âme conductrice (fig. 6) composée de bandes ou lames en plomb antimoné, horizontales, minces, mais assez larges. Ce conducteur qui porte la queue de prise de courant est introduit à l'intérieur d'une enveloppe en celluloid dont les parois rigides sont perforées et maintenues parallèles par des cloisons horizontales, en celluloid perforé,

collées à l'intérieur. Les grains de matière active, plus gros que les perforations de l'enveloppe, sont disposés à l'intérieur de celle-ci, en contact avec les lames de plomb. Les figures 7 à 9 représentent des électrodes dans leurs enveloppes et un élément monté.

Les bandes conductrices ne sont reliées qu'à une extrémité. Libres de l'autre côté, elles peuvent s'allonger sans inconvénient.

Une plaque positive de 40 ampères-heures a comme dimensions :

Hauteur de la plaque.....	130 ^{mm}
» » (queue comprise).....	163
Largeur de la plaque.....	112
Épaisseur.....	18 ^{mm} à 19 ^{mm}

Son poids est d'environ 950^g.

T. PAUSERT.

LA COMMANDE DES TRAINS ÉLECTRIQUES DU MÉTROPOLITAIN DE PARIS.

SYSTÈME A UNITÉS MULTIPLES DE LA COMPAGNIE THOMSON-HOUSTON.

La Compagnie du Métropolitain, ayant reconnu l'utilité de faire usage sur ses trains de plus de deux motrices, s'est décidée à adopter de véritables systèmes de commande *par unités multiples* qui vont prendre progressivement la place du système à *double-unité* employé précédemment et dont nous avons donné une description complète ⁽¹⁾. Elle a équipé ses trains à 3 motrices, partie avec le système de la Compagnie Thomson-Houston et partie avec le système de la Compagnie Westinghouse; dans l'un et l'autre dispositif, la commande du train peut se faire de l'une quelconque des 3 motrices, et des combinaisons *identiques* de circuits se produisent synchroniquement sur les 3 motrices et se produiraient de la même façon sur 2, 1 ou 4, 5 motrices si l'on retranchait ou ajoutait des automotrices; ce qui est la caractéristique des systèmes à *unités multiples* ⁽²⁾. Mais les deux systèmes arrivent au même résultat par des moyens tout à fait différents : celui de la Compagnie Westinghouse, dont nous nous occuperons dans un autre article, est à commande électro-pneumatique; celui de la Compagnie Thomson-Houston, que nous allons décrire, est à commande entièrement électrique.

Le système de la Compagnie française Thomson-Houston (qui est concessionnaire, comme on sait, des procédés de la General Electric Company

d'Amérique) appartient à la classe des systèmes à *unités multiples*, que nous nommerons à *commande directe* parce que la manœuvre du manipulateur ⁽¹⁾ par le mécanicien a pour effet de

⁽¹⁾ Nous empruntons ce terme à une Notice de la Compagnie du Métropolitain. Il nous paraît très heureux; nous l'adopterons dorénavant et nous en recommandons l'emploi pour désigner spécialement, dans les systèmes à *unités multiples*, l'appareil que le mécanicien *manipule* et à l'aide duquel il commande la marche de son train. Dans les systèmes à simple et aussi à double unité, le *manipulateur* peut être appelé *combineur* (comme nous l'avons toujours fait); ce mot a une signification plus restreinte et ne doit être appliqué qu'à un appareil, tel que le cylindre classique, *effectuant directement* les combinaisons de circuits. Dans les systèmes à *unités multiples* le manipulateur *n'effectue* jamais *directement* les combinaisons de circuits, mais seulement par l'intermédiaire d'un ou deux organes agissant en cascade; il ne fait que les *commander*.

Qu'il s'agisse de systèmes à *unités multiples*, à *double unité* ou même à *simple unité*, nous réprouvons énergiquement l'emploi du terme *contrôleur* (et à plus forte raison du mot hybride et baroque de *contrôleur*) tiré du mot américain *control* pour désigner l'appareil de manœuvre du mécanicien, parce que c'est un terme impropre et prêtant à confusion. En français, contrôler a la signification bien précise et limitée de surveiller et vérifier intelligemment, tel le contrôleur d'omnibus qui examine la feuille des conducteurs de voitures ou le contrôleur de l'Etat et des grandes administrations qui vérifie les matériaux et les constructions ou encore le contrôleur de rondes, automate vérifiant le passage des veilleurs de nuit. Nous nous sommes élevés depuis longtemps contre ce mot (*L'Éclairage électrique*, t. XI, 27 mars 1897, p. 42), nous avons été approuvé (*L'Éclairage électrique*, t. XI, 1^{er} mai 1897, p. 281, lettre de M. Rey) et nous avons la satisfaction de voir nos idées commencer à prévaloir.

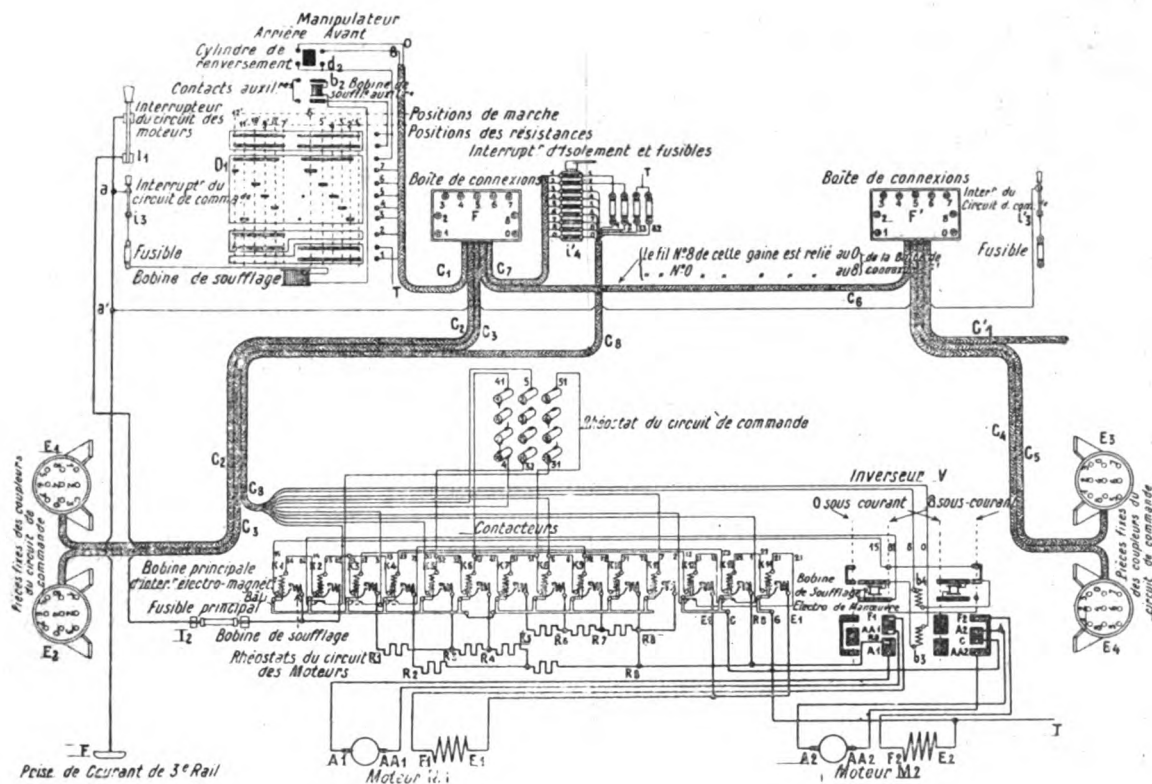
⁽¹⁾ Voir *La Revue électrique*, 30 avril 1905, p. 225.

⁽²⁾ On se rappelle qu'il n'en était pas de même dans le système à *double unité* Thomson-Houston, où les circuits de la motrice de manœuvre différaient de ceux de l'autre motrice.

provoquer, non pas les combinaisons *directes* de circuits comme dans les systèmes à *simple* ou même à *double unité* (où le *manipulateur* est alors un *combinateur*), mais la mise en mouve-

ment d'organes dénommés *contacteurs* (*), qui sont des intermédiaires, mais du *premier ordre*, parce qu'ils effectuent *directement* et *isolément* les *contacts* correspondant aux diverses combi-

Fig. 1.



naisons de circuits. Au contraire, le système Westinghouse, que nous examinerons une autre fois, et le système Sprague (ce dernier appartient aussi en Amérique à la General Electric Company) ne sont pas des systèmes à commande directe, mais à commande *indirecte*, parce que le manipulateur commande seulement un servo-moteur (premier intermédiaire), lequel fait mouvoir des seconds appareils intermédiaires (cylindre combineur dans le système Sprague, contacteurs dans le système Westinghouse), qui à leur tour effectuent les combinaisons de circuits.

La figure 1 donne le schéma du système Thomson-Houston à *unités multiples* tel qu'il est appliqué au Métropolitain de Paris, où chaque motrice possède seulement un seul poste de commande et deux moteurs.

Chaque voiture comporte un circuit principal

ou circuit des moteurs (marqué en trait plus gros sur la figure 1), qui, partant du frotteur F de la voiture, comprend simplement un interrupteur principal I_1 , un fusible principal I_2 , les contacts et la bobine de soufflage magnétique des contacteurs K, les diverses résistances de réglage R, les contacts de l'inverseur V, puis les moteurs M_1 et M_2 et la terre T. Ce circuit, parcouru par un courant à 500 volts et de grande intensité (la fraction du courant de travail afférente à une voiture motrice) est purement *local*, la canalisation générale qui longe et relie toutes les voitures du train ne donne passage à aucun courant de grande intensité. C'est

(1) Nous n'hésitons pas à employer, comme les compagnies d'origine américaine, ce terme tiré de l'anglais *contactor*, parce que cette fois il rend bien l'action exprimée, de *faire des contacts*.

là surtout ce qui distingue le système Thomson à *unité multiple* de celui à *double unité*, dans lequel, on se le rappelle, la canalisation générale du train est parcourue par le courant intense pris non seulement par une, mais par *deux* motrices. A remarquer encore que, dans ce dernier système, le manipulateur (c'est-à-dire le combinateur à cylindre) et les résistances étaient parcourus également par la somme des courants des *deux* motrices; tandis que, dans le système à *unités multiples*, le manipulateur n'est plus traversé par aucun fort courant; les contacts des contacteurs et les résistances reçoivent seuls du courant de travail, mais limité à la puissance des moteurs d'une seule voiture, quel que soit le nombre de motrices du train.

Le circuit de commande est desservi par un courant dérivé en *a* du circuit principal de travail, à la sortie de l'interrupteur principal *I*, et ayant par conséquent comme lui une tension de 600 volts, mais seulement une très faible intensité, de quelques ampères. Ce circuit (marqué en trait fin sur la figure 1), qui part du point *a*, passe par l'interrupteur *i*₃ (avec un fusible), la bobine de soufflage du cylindre principal du manipulateur et la bobine de soufflage *b*₂ du cylindre de changement de marche. Ce dernier cylindre *d*₂ ne comporte que deux positions : avant et arrière; le cylindre principal *D*₁ du manipulateur comporte 12 positions 1', 2', 3', ..., 12'.

Des contacts fixes du manipulateur partent 7 fils de commande 1, 2, 3, ..., 7, correspondant aux diverses positions de marche auxquels viennent se joindre les 2 fils 8 et 0 arrivant du cylindre de changement de marche *d*₂, pour former un toron *c*₁ de 9 fils se rendant à 9 bornes situées dans une boîte de connexions *F*. De ces bornes partent 2 branchements doubles, à 9 fils chacun, se rendant aux deux bouts de la voiture, aux deux coupleurs doubles *E*₁, *E*₂ et *E*₃, *E*₄. La canalisation générale du train, qui aurait pu être constituée par un seul coupleur et une seule ligne de câbles, est aussi entièrement double, ce qui rend les chances d'incidents par rupture de fils presque nulles; elle comprend sur chaque voiture les coupleurs de gauche *E*₁, *E*₂, les gaines doubles *C*₂, *C*₃ (chacune à 9 fils), la boîte de connexion *F*, les gaines doubles *C*₄, *C*₅ (chacune à 9 fils) et les coupleurs de droite *E*₃, *E*₄. La figure 1 représente le cas où il y a deux postes de commande

par voiture (ce qui n'existe pas au Métropolitain de Paris, qui peut faire le service en boucle à tous ses terminus). Les câbles *C*₁, *C*₅, au lieu de partir de la boîte de connexion unique *F*, partent alors d'une seconde boîte de connexions *F'* reliée à la première *F* par une gaine de liaison *C*₆ à 9 fils ⁽¹⁾.

Des 9 bornes de la boîte de connexions *F*, le circuit de commande se continue par un toron de 9 câbles *C*₇ à un interrupteur *i*₁, permettant de couper d'un seul coup les 9 fils de ce circuit. Au sortir de l'interrupteur *i*₁, les 9 fils 0 à 8 (dont deux, 1 et 2, traversent des fusibles) se rendent dans une gaine *C*₈ où les rejoignent deux fils de terre 33 et 82 (munis également de fusibles); la gaine *C*₈ se trouve ainsi composée de 11 fils.

Deux des fils, les numéros 0 et 8, desservent les deux bobines *b*₃, *b*₄ de l'inverseur *V*. Les 9 autres fils 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 33 et 82 servent à actionner 14 contacteurs *K*₁ à *K*₁₄. Les trois contacteurs 12, 13 et 14 servent à effectuer le couplage des moteurs en série et en parallèle; les contacteurs 1 à 11 correspondent aux diverses combinaisons des résistances.

Le mécanicien peut s'arrêter à chaque touche intermédiaire quelconque. S'il manœuvre lentement, le combinateur passe d'une position à l'autre exactement avec la vitesse mise pour passer d'un cran à l'autre sur le manipulateur. Mais si le mécanicien manœuvre trop vite, le combinateur ne suit plus la manette du manipulateur; il ne peut dépasser une certaine vitesse dans le passage d'une position à l'autre ⁽²⁾. On réalise ainsi une certaine automaticité en ce sens qu'on ne peut brûler les moteurs, et l'on conserve cependant les avantages de l'indépendance de la commande tant qu'elle n'est trop rapide.

(1) En outre, dans ce cas, un second branchement *a* partant du circuit principal et muni d'un interrupteur *i*₃ dessert un combinateur identique à celui de gauche (et non représenté sur la figure 1).

(2) A cet effet la poignée de manœuvre du manipulateur est reliée à son cylindre, non pas directement, mais par l'intermédiaire d'un ressort et ce cylindre ne peut entrer en rotation que s'il n'est pas freiné. Or il se trouve freiné par l'action d'un relais (non représenté sur le schéma), si le courant dans les moteurs dépasse une certaine valeur par suite de l'établissement trop brusque d'une combinaison. Lorsque le courant principal redescend à la valeur admise, le frein du cylindre du manipulateur se desserre; le manipulateur et par suite les contacteurs peuvent alors passer à la position suivante.

Contre la paroi de bout de la cabine est disposé un petit cylindre formant manipulateur et le robinet du frein Westinghouse. Le manipulateur n'étant parcouru que par le faible courant de commande est beaucoup plus petit et moins sujet à détérioration que les cylindres combinateurs des systèmes à unité simple et à unités doubles.

Dans la cabine, on trouve encore, contre une paroi latérale, une sorte de tableau comprenant, en dehors de l'interrupteur et du fusible principaux, un inverseur semblable à celui du système à *double unité*, puis le petit interrupteur (*i'*, de la figure 1) permettant d'isoler d'un seul coup tous les circuits de commande de la voiture en cas de mauvais fonctionnement du système, et

enfin la rangée de contacteurs au-dessous desquels se trouvent les rhéostats. La disposition des contacteurs et des rhéostats fait songer comme aspect extérieur aux rateliers d'une écurie.

Chaque contacteur se compose (*fig. 7*) d'un solénoïde parcouru par le courant de commande seulement et actionnant un levier de contact très robuste, et d'une bobine de soufflage magnétique traversée par le courant principal.

La canalisation générale à 9 fils se termine aux deux bouts de chaque voiture par deux platines à 8 trous chacune, et la liaison entre les voitures s'opère par deux cordons de couplage terminés chacun par 9 fiches.

CH. JACQUIN.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS ⁽¹⁾.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

L'évolution des machines et groupes électrogènes,
par P. JANET. Extrait d'une conférence faite à la Société française de Physique le vendredi 28 avril.

Par cette conférence, intitulée *Les tendances et les recherches actuelles* de l'Électrotechnique, l'orateur inaugurerait la série de conférences instituées par la Société française de Physique en vue de faire connaître aux physiciens *l'état actuel des industries électriques*. Aussi se trouvait-il conduit à examiner successivement la génération de l'énergie électrique, sa transmission et ses principales applications, en d'autres termes à présenter un tableau d'ensemble dont les diverses parties seront reprises avec plus de développement par des spécialistes dans les conférences qui suivront. C'était là une tâche des plus difficiles dont M. Janet s'est d'ailleurs tiré d'une façon remarquable.

Nous n'entreprendrons pas d'analyser cette magistrale conférence, tout serait à citer. Nos lecteurs trouveront ci-dessous la reproduction à peu près intégrale de la première partie, celle où le conférencier expose l'évolution qu'a suivie la construction des machines génératrices et des moteurs qui les actionnent. Elle leur suggérera sans aucun doute le désir de prendre connaissance de l'ensemble de la confé-

rence qui sera publiée prochainement par les soins de la Société française de Physique.

Trois éléments ont influé sur la nature, la forme et les dimensions des génératrices de courant électriques : ces éléments sont la puissance, la tension, la nature de la force motrice.

L'augmentation progressive de la puissance est un phénomène normal dont il n'y a pas lieu de s'étonner; meilleur rendement des grosses unités, moindre surveillance, prix moins élevé, encombrement moins grand, telles sont les qualités qui ont peu à peu amené les constructeurs à l'étude des grandes machines : la dynamo la plus puissante qui figurait à l'exposition de 1889 avait 200 kilowatts; en 1900 elle atteignait 3000 kilowatts; aujourd'hui on construit couramment des unités de 5000 à 7000 kilowatts. Il est douteux qu'on aille beaucoup plus loin, au moins dans la limite des besoins actuels : dans une station centrale, la puissance de chaque machine ne doit être qu'une petite fraction de la puissance totale, d'abord pour que chaque machine puisse, autant que possible, fonctionner constamment à pleine charge, ce qui est une condition essentielle d'économie, ensuite pour que l'arrêt accidentel d'une machine ne produise pas de trouble grave sur le réseau; si l'on réfléchit que, d'après les évaluations les plus récentes, les besoins d'une ville comme Paris ne dépassent pas 70 000 à 80 000 kilowatts, on verra que des unités de 5000 à 6000 kilowatts conviennent bien en général et conviendront longtemps encore.

L'élévation des tensions s'est imposée dès que l'on a voulu étendre la portée et la puissance des transmissions électriques : on sait en effet que, pour un rendement donné, la tension au départ est proportionnelle à la distance, à la racine carrée de la puissance à transmettre, et inversement proportionnelle à la

⁽¹⁾ Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (I^{re}). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

racine carrée du poids du cuivre immobilisé dans la ligne, autant de lois qui concordent pour justifier les élévations de plus en plus grandes des tensions employées.

Quelle influence cette tendance à l'élévation progressive des tensions a-t-elle exercée sur la forme et les dimensions des machines : c'est ce que nous allons examiner rapidement.

Ce qui limite la tension qu'on peut faire produire à une machine donnée, c'est uniquement, si l'on met à part les difficultés d'isolement, la vitesse à laquelle on peut faire tourner cette machine; et ce qui limite cette vitesse, c'est la résistance des matériaux à la force centrifuge développée à la périphérie de la partie tournante. Cette force centrifuge est donc un élément essentiel à considérer dans la comparaison des machines. Or, on démontre aisément que, à force centrifuge égale et à induction moyenne égale dans l'entrefer, la force électromotrice d'une machine croît avec son rayon et avec sa profondeur (dimension parallèle à l'axe), mais plus rapidement avec son rayon qu'avec sa profondeur : on a donc été amené naturellement à augmenter progressivement le diamètre des parties tournantes plus encore que leur épaisseur : mais en même temps, pour maintenir la force centrifuge dans des limites acceptables, il fallait réduire la vitesse angulaire de rotation : la machine moderne est donc devenue naturellement une machine de grand diamètre à marche lente. Pour fixer les idées, nous citerons les grands alternateurs de 5000 kilowatts, 11 000 volts, en service au Métropolitain de New-York, qui tournent à 75 tours par minute et ont un diamètre de 5^m environ.

Le grand développement des moments d'inertie, la faible valeur des vitesses angulaires, amenèrent bientôt les parties tournantes des machines électriques à ressembler singulièrement aux volants des machines à vapeur : de là à confondre en un seul ces deux organes jusqu'alors séparés et à supprimer l'intermédiaire, inutile et gênant, des courroies de transmission, il n'y avait qu'un pas : c'est ce qui a été fait, et aujourd'hui l'ensemble de la machine motrice et de la machine électrique forme un tout absolument homogène auquel doivent collaborer, sans s'ignorer l'un l'autre, l'ingénieur mécanicien et l'ingénieur électricien : ce sont les groupes électrogènes de nos usines modernes.

Les dynamos à courant continu et les alternateurs se sont développés à peu près parallèlement, au moins au point de vue de la perfection et de l'économie de leur construction; mais, au point de vue de l'importance et du nombre des machines construites, les premières sont aujourd'hui bien dépassées par les secondes, à cause de la grande facilité avec laquelle le courant alternatif se prête à la production et à la transformation des hautes tensions. L'uniformité des types a succédé à la variété d'autrefois, et les machines d'aujourd'hui sont, en général, caractérisées par une symétrie parfaite autour de l'axe.

Pour la dynamo à courant continu, la forme multipolaire, avec couronne de pôles inducteurs extérieure et fixe, armature induite intérieure et mobile, est aujourd'hui absolument générale. L'armature est constituée par un cylindre rainuré suivant ses génératrices; les conducteurs induits, solidement encastrés dans ces rainures, ne craignent plus ni les efforts radiaux de la force centrifuge, ni les efforts tangentiels des forces électromagnétiques; l'entrefer, cette cause de grande dépense dans l'excitation des machines, est réduit à son minimum entre les surfaces, soigneusement tournées et alésées, de l'armature et des pièces polaires.

La raison d'économie de matière, de plus en plus impérieuse dans la construction moderne, conduit à dissiper les énergies perdues (hystérésis, effet Joule, courants de Foucault), dans des volumes de plus en plus restreints : il en résulterait, si l'on ne prenait pas de précautions spéciales, des élévations de température excessives, que l'on évite par une étude attentive de la ventilation des induits : de nom-

breux canaux de ventilation sont judicieusement ménagés dans la masse de la partie tournante qui constitue ainsi un véritable ventilateur; quelquefois, même, un ventilateur spécial envoie un puissant courant d'air dans la machine.

La commutation sans étincelles sous les balais, cette pierre d'achoppement qui a si longtemps arrêté les premiers inventeurs de la dynamo, continue, malgré tous les progrès faits dans cette voie, à faire l'objet de nombreuses études : si l'on réfléchit que, au moment du passage sous un balai, le courant doit se renverser dans une section en un temps qui est de l'ordre du $\frac{1}{500}$ de seconde, on comprendra, malgré l'apparence paradoxale que peut avoir cet énoncé, que les phénomènes de self-induction ont une importance plus grande dans les machines à courant continu que dans les machines à courants alternatifs; des tensions extrêmement élevées, auxquelles on a donné le nom de *tension de réaction*, se développent ainsi et se manifestent, si l'on n'y porte pas remède, par des étincelles destructives aux balais : les artifices généraux que l'on emploie pour les éviter, consistent soit à diminuer, soit à équilibrer autant que possible ces tensions par d'autres convenablement choisies : je ne ferai que rappeler pour mémoire l'ancienne méthode, qui n'était qu'un pis aller, et qui consistait à décaler les balais dans le sens du mouvement; parmi les artifices plus modernes, je me bornerai à citer celui des pôles supplémentaires, parcourus par le courant total de la machine, et situés sur les lignes neutres; celui des cornes polaires dissymétriques à l'entrée et à la sortie, celui enfin de modes d'enroulements plus ou moins compliqués de l'induit, qui peuvent présenter certains avantages au point de vue de la diminution de la tension de réaction. Quoi qu'il en soit, on comprend l'importance des études expérimentales qui ont pour objet la détermination de la forme, en fonction du temps, du courant variable qui circule, pendant la commutation, dans chaque section d'une dynamo à courant continu : ces études deviennent de délicates expériences de Laboratoire à cause de la petitesse de l'intervalle de temps mis en jeu.

L'alternateur moderne semble, lui aussi, avoir pris sa forme définitive; il se compose, à l'inverse de la dynamo à courant continu, d'une couronne d'induit, extérieure et fixe, et d'une roue, portant les pôles inducteurs, intérieure et mobile. Le nombre de ces pôles, qui dépasse rarement 8 ou 10 dans les machines à courant continu, atteint souvent 80 et plus dans les alternateurs : ce grand nombre est nécessaire pour produire, avec des marches lentes, les fréquences 25 ou 50 usitées dans la pratique.

Le choix de l'induit comme partie fixe des grands alternateurs s'impose par une raison très simple : il est plus facile d'isoler, pour de très hautes tensions, des parties fixes que des parties mobiles et soumises à la force centrifuge : on construit ainsi, à l'heure actuelle, des alternateurs pouvant produire directement 10000 à 12000 volts.

Pourquoi cette disposition si logique ne s'étend-elle pas aux machines à courant continu : uniquement parce que, dans ces machines, les balais sont solidaires de l'inducteur, et que, par suite, si l'on rendait celui-ci mobile, il faudrait faire aussi tourner celui-là, ce qu'on ne s'est pas encore résigné à faire, au moins pour les génératrices; si l'on ajoute à cela que le collecteur des dynamos à courant continu est toujours une pièce délicate et dont il est difficile d'isoler convenablement les lames consécutives, on reconnaîtra sans peine que les alternateurs se prêtent mieux que les dynamos à la production directe des hautes tensions.

Comme dans les machines à courant continu, le circuit induit des alternateurs se compose de barres logées dans des rainures pratiquées suivant les génératrices de l'armature. Il comporte un, deux ou trois enroulements suivant qu'il s'agit d'un induit mono, di ou triphasé.

Les formes des machines paraissent ainsi à peu près définitivement fixées lorsque l'apparition des turbines à vapeur vint tout modifier : la grande vitesse à laquelle doivent tourner ces moteurs impose des formes nouvelles pour les machines électriques : pas un instant, en effet, il ne vint à l'idée de renoncer aux avantages si précieux des groupes électrogènes et de commander par courroie ou par engrenage les anciennes machines à marche lente.

Ici encore, comme précédemment, nous aurons surtout en vue les alternateurs, bien que dès maintenant on construise également des groupes : turbines à vapeur, dynamo à courant continu.

Tout d'abord, nous remarquerons que les grandes vitesses exigées par les turbines entraînent pour les alternateurs un faible nombre de pôles, la relation entre la vitesse angulaire, exprimée en tours par minute, et le nombre des pôles pour une fréquence donnée est représentée par une hyperbole ; on voit, par exemple, que, pour la fréquence 25, la vitesse de la machine doit être de 1500 tours par minute si l'alternateur est bipolaire et de 750 s'il est à 4 pôles ; il résulte de là, qu'aux grandes vitesses, on a très peu de choix pour la vitesse et pour le nombre de pôles, les machines lentes au contraire sont beaucoup plus souples et permettent une grande indétermination dans le choix des vitesses et le nombre de pôles.

En fait, les turbines sont construites en général pour 1500 tours par minute, quelquefois 750 ou 500.

A ces grandes vitesses, on ne pouvait plus songer aux inducteurs volants de grand diamètre, il fallait donc, bon gré mal gré, réduire ce diamètre, et revenir aux faibles diamètres d'autrefois, mais comme on prétendait garder le terrain conquis dans l'élévation des puissances et construire des turbo-alternateurs de 5000 kilowatts et plus, deux moyens seuls restaient disponibles : allonger la machine parallèlement à l'axe, et, si cela ne suffisait pas, élever, grâce à des perfectionnements de la construction mécanique, la force centrifuge tolérée dans la périphérie de la partie tournante.

L'un et l'autre procédés ont été employés : si en effet nous comparons les dimensions homologues des inducteurs tournants de deux alternateurs triphasés de 350 kilowatts, 2000 volts entre bornes, mus l'un par turbine, à 2000 tours par minute, l'autre par machine à vapeur, à 1/2 tours par minute, nous voyons : 1° que la dimension parallèle à l'axe s'est allongée dans le turbo-alternateur ; 2° que le diamètre s'est réduit dans une proportion bien plus grande ; 3° comme conséquence, que la force centrifuge est beaucoup plus grande dans le premier que dans le second. Un calcul facile montre que, dans le premier, la force centrifuge est environ 2500 grammes-force par gramme-masse à la périphérie avec une vitesse de 80^m par seconde, tandis que dans le second elle est seulement de 40 grammes-force par gramme-masse à la périphérie avec une vitesse de 24^m par seconde.

Ces efforts excessifs, devant lesquels on aurait reculé dans la construction ancienne, ont conduit à des formes toutes nouvelles pour les inducteurs tournants ; il n'y a plus de pôle saillant ; l'âme de l'inducteur est un cylindre rainuré suivant les générateurs, les conducteurs, parcourus par un courant continu, qui font de cet inducteur un puissant électro-aimant, sont logés dans les rainures et maintenus en place par des coins très résistants et solidement encastrés ; les portions de fils extérieures aux rainures sont enroulées sur une portion lisse du cylindre et maintenues en place par des frettes métalliques solides : si l'on réfléchit que ces frettes peuvent subir des efforts de 90^{kg} par millimètre carré et d'autre part n'être pas magnétiques pour éviter les déviations magnétiques nuisibles, on reconnaît que le problème n'était pas facile à résoudre, les aciers au nickel, si bien étudiés par notre confrère Ch.-Ed. Guillaume, ont seuls permis d'y arriver.

Ces difficultés ne sont pas les seules ; un équilibrage parfait des parties tournantes est nécessaire à ces grandes vitesses, tant au point de vue statique (centre de gravité sur l'axe) qu'au point de vue dynamique (coïncidence des axes de symétrie et d'inertie) : quiconque assiste, dans les ateliers de construction, à ces opérations d'équilibrage, croit retrouver, pour ces puissantes machines, les délicates méthodes de nos laboratoires de Physique.

Tous ces obstacles, et bien d'autres encore, ont été surmontés, et dès maintenant le turbo-alternateur semble être la grande machine de l'avenir.

Trois grands problèmes préoccupent actuellement les électriciens au sujet des alternateurs, ce sont : 1° le couplage, 2° le compoundage et la destruction des harmoniques. Le couplage en parallèle des alternateurs s'est imposé dès que l'on a réalisé de grandes usines composées de plusieurs groupes électrogènes devant entrer successivement en fonction suivant les demandes de puissance sur le réseau ; toutes les machines devant avoir exactement la même fréquence, leur isochronisme rigoureux s'impose, d'où une difficulté toute nouvelle que ne connaissaient pas les dynamos à courant continu.

Les propriétés mêmes des courants alternatifs, heureusement, apportent une solution à un problème que des régulateurs de vitesse purement mécaniques auraient été incapables de résoudre ; en effet, si une machine tend à se mettre en avance sur les autres, la puissance qu'elle doit fournir augmente, et la fait ralentir ; sa marche a donc tous les caractères d'un équilibre stable ; l'équilibre, troublé un instant par une cause accidentelle quelconque, se rétablit par une série d'oscillations dont la période dépend uniquement du moment d'inertie et des constantes électriques de l'alternateur ; la loi de ces oscillations est celle du mouvement pendulaire, et leur période est par conséquent proportionnelle à la racine carrée du moment d'inertie.

Lorsque l'alternateur est conduit par une machine à vapeur à piston, le couple moteur lui-même est périodique, et la marche de la machine sera d'autant plus stable que sa période d'oscillation propre et la période du couple moteur seront plus différentes ; au contraire, si ces périodes coïncident ou sont voisines, les oscillations s'amplifieront et bientôt l'alternateur tombera hors de phase, accident qui peut être des plus graves, le réseau se trouvant en court-circuit sur l'alternateur *décroché*. On reconnaît là la théorie ordinaire de la résonance qui joue un si grand rôle dans toutes les parties de la Physique.

Il est essentiel, non seulement d'éviter autant que possible des oscillations, mais de les amortir rapidement dès qu'elles tendent à se produire ; c'est là le rôle des circuits amortisseurs de M. Leblanc, qui consistent en une série de barres de cuivre, traversant de part en part les pôles inducteurs, et mises en court-circuit de part et d'autre de la machine par deux cercles également en cuivre. Ce système joue exactement le rôle du cadre d'aluminium qui, dans certains modèles, amortissent les oscillations du galvanomètre Deprez-d'Arsonval.

L'étude des conditions du maintien rigoureux de l'isochronisme des alternateurs couplés a conduit à une conclusion paradoxale : c'est que les régulateurs de vitesse des machines motrices devaient ne pas être trop sensibles, certains mêmes ont été jusqu'à dire : devaient être supprimés, sauf un seul. On conçoit, en effet, que si, lorsqu'une avance d'un des alternateurs se produit, la machine motrice a un régulateur assez sensible pour s'accommoder immédiatement au supplément de puissance exigé par cette avance, le mécanisme purement électrique du maintien de l'isochronisme, que nous avons décrit plus haut, ne pourra se produire, et l'écart angulaire de l'alternateur ira en s'exagérant de plus en plus.

2° Le compoundage des machines électriques est un problème bien ancien, puisque Marcel Deprez en a donné une solution bien connue pour la dynamo à courant continu dès 1883. Ce problème consiste, comme on le sait, à maintenir automatiquement la tension constante aux bornes d'une machine, quels que soient les incidents qui se produisent sur le réseau qu'elle alimente. Or ce problème est beaucoup plus difficile à résoudre pour les alternateurs que pour les machines à courant continu; dans les alternateurs, en effet, la chute de tension aux bornes, pour une excitation donnée, dépend de deux variables, le débit et la différence de phase entre le courant et la tension, tandis que, pour les machines à courant continu, elle ne dépend que d'une variable qui est le débit.

Si le compoundage avait uniquement pour but d'éviter un réglage à la main pour le remplacer par un réglage automatique, il serait déjà important, mais ne le serait que dans des cas particuliers.

Mais ce qui fait la véritable importance du compoundage des machines et, en particulier, des alternateurs, c'est qu'il permet une économie sensible sur leur construction.

Ce point de vue n'est pas évident et mérite d'arrêter quelques instants notre attention : prenons un alternateur ordinaire, à faible chute de tension; en augmentant la profondeur des rainures de l'induit, nous pouvons y loger plus de fils; en diminuant l'entrefer, nous pouvons augmenter, pour une même excitation, le flux utile; toutes ces modifications augmentent, sans dépense de matière, la tension de la machine et, par suite, sa puissance; mais elles augmentent aussi la réaction de l'induit, de sorte que, pour maintenir constante la tension entre la marche en charge et la marche à vide, la gamme des variations du courant inducteur doit être telle que le réglage à la main devient impossible; c'est ici qu'intervient l'utilité du compoundage; des solutions purement électriques du problème ont été données dans ces dernières années par MM. Maurice Leblanc, Boucherot, Blondel; des solutions électromagnétiques, c'est-à-dire faisant entrer en jeu simultanément le réglage de l'excitation et celui de la machine motrice, par M. Routin et M. Picou.

Le système de M. Boucherot, qui paraît le plus répandu à l'heure actuelle, consiste dans l'emploi, sur chaque phase, de deux transformateurs, l'un dont le primaire est en dérivation sur les bases de l'alternateur, l'autre dont le primaire est en série avec le circuit général. Les secondaires de ces transformateurs, convenablement calculés, sont en série et les forces électromotrices ainsi obtenues sont utilisées à produire un champ tournant dans l'entrefer d'une machine spéciale qui servira d'excitatrice. Dans ce champ tourne, avec une vitesse différente, un induit à collecteur; grâce à un enroulement spécial de cet induit, on s'arrange pour que les pôles électriques restent fixes sur le collecteur, comme dans les machines à courant continu ordinaires : des balais placés en ces points recueillent donc un courant continu qui sert à l'excitation de l'alternateur principal et dont l'intensité se règle automatiquement pour maintenir constante la tension aux bornes.

3° Les forces électromotrices produites par les alternateurs ne sont pas rigoureusement sinusoïdales; comme toute fonction périodique du temps, elles peuvent être considérées comme la superposition d'un terme fondamental, le plus important de tous, et d'une série d'harmoniques de périodes sous-multiples de la période principale; ces harmoniques sont dus à deux causes : en premier lieu aux formes respectives des pièces polaires et des bobines induites, en second lieu à la présence, sur l'armature, des rainures et des dents qui produisent des fluctuations du flux et, par suite, de la force électromotrice; on peut prévoir, sinon la grandeur, au moins l'ordre de ces derniers : par exemple, un alternateur triphasé à une rainure par pôle et par phase donne surtout

les harmoniques qui ont cinq fois et sept fois la fréquence du terme fondamental; de même, pour deux rainures par pôle et par phase, il donne les harmoniques 11 et 13, et enfin, pour 3 rainures par pôle et par phase, les harmoniques 17 et 19, et ainsi de suite.

La production de ces harmoniques est à tous les points de vue nuisible et l'on voudrait à tout prix se rapprocher d'une courbe sinusoïdale; de nombreuses tentatives ont été faites dans ce sens : on a taillé d'une manière plus ou moins empirique les bords des pièces polaires; on a incliné les rainures sur les génératrices du cylindre d'armature; on a proposé de composer l'induit de deux moitiés légèrement décalées l'une par rapport à l'autre; tous ces moyens ont donné de bons résultats; mais ce n'est que tout récemment que M. Maurice Leblanc s'est attaqué directement au problème et a présenté ce qu'il a appelé énergiquement un *étouffeur d'harmoniques*. Ce système, fondé sur un principe analogue à celui de l'amortisseur, et qui n'est autre chose qu'un amortisseur de grande résistance, est encore trop nouveau pour qu'on puisse porter un jugement sur lui.

Les diverses génératrices électriques étant ainsi décrites, voyons la place qu'elles tiennent dans les stations centrales modernes.

Les moteurs qui les conduisent peuvent être hydrauliques, à vapeur ou à gaz.

Nous n'avons pas à rappeler ici l'importance des installations hydro-électriques; on évalue à plus de 500 000 chevaux la puissance ainsi utilisée en France. Basses chutes à grand débit, hautes chutes à faible débit, voilà les deux extrêmes entre lesquels se placent toutes les grandes usines existantes. Comme exemple des premières, nous citerons l'usine des forces motrices du Rhône, à Jonages, près de Lyon, qui produit 12 000 chevaux avec une chute de 11^m et des alternateurs à marche lente de 120 tours par minute; comme exemple des secondes, l'usine de Vouvrey, près du lac de Genève, qui utilise une chute de 1000^m de hauteur, avec des alternateurs de 2000 kilowatts à grande vitesse, à induit tournant, qui font 1000 tours par minute.

L'installation hydro-électrique la plus grandiose à l'heure actuelle est celle du Niagara, où l'on trouve à la fois un débit colossal et une hauteur déjà très notable (40^m environ). Cette installation se partage entre cinq compagnies qui peuvent disposer de 750 000 chevaux sur lesquels 150 000 seulement étaient installés en octobre 1904, et 115 000 vendus; le capital immobilisé par ces cinq compagnies est de 132 500 000^{fr}.

Dans les installations mues par la vapeur, l'ancienne machine à piston est encore loin d'être détrônée par la turbine : la double et triple expansion, la surchauffe, les économiseurs, l'augmentation de la puissance des unités ont abaissé la consommation à 5^{fr} de vapeur par cheval-heure.

Comme exemple d'une des plus importantes stations à vapeur du monde, nous citerons celle du Métropolitain de New-York qui alimente 800 trains circulant sur un réseau souterrain de 24^{km} environ. Cette station comprend neuf groupes électrogènes de 8000 chevaux chacun. Les machines à vapeur sont à double expansion avec cette disposition particulière que les cylindres à haute pression sont horizontaux et les cylindres à basse pression verticaux, la course des pistons étant la même pour chacun d'eux.

Le caractère d'homogénéité que nous avons reconnu dans les groupes électrogènes se retrouve dans l'ensemble des grandes usines à vapeur telle que celle dont nous parlons maintenant; la manipulation du charbon et des cendres prend un caractère tout à fait scientifique : le charbon est élevé, par des wagonnets se mouvant sur plan incliné, jusqu'au faite du bâtiment où, suivant un usage très répandu maintenant, se trouvent les soutes à charbon, en sorte que,

ce premier travail effectué, c'est la pesanteur seule qui conduira le charbon des soutes aux foyers des chaudières, puis les cendres des foyers aux wagonnets destinés à les enlever; le chargement des chaudières se fait d'une manière tout à fait automatique, et les chauffeurs sont entièrement supprimés; partout la main-d'œuvre est réduite à sa plus simple expression; toute la manœuvre des wagonnets se fait par traction électrique et moteurs à courants alternatifs; ce système est capable d'élever 200 tonnes de charbon par heure, ce qui est beaucoup plus que suffisant puisqu'on peut admettre en nombre rond que, à pleine charge, une usine de 80 000 chevaux, comme celle-ci, brûle 80 tonnes de charbon par heure.

Nous avons déjà attiré l'attention sur l'importance toujours plus grande que prennent les groupes électrogènes mus par turbines à vapeur : la turbine Parsons, la plus ancienne de toutes, la turbine Rateau en France, la turbine Curtis en Amérique, sont les plus connues.

Malgré l'inconvénient de leur grande vitesse, les turbines ont tellement d'avantages que leur usage se répand de jour en jour, et cela est si vrai que la Commission chargée de l'étude du régime futur de l'électricité à Paris n'a pas hésité un instant à recommander pour une installation qui atteindra 80 000 kilowatts l'usage de turbo-alternateurs de 5000 kilowatts chacun. Il est curieux de constater que l'on retrouve aujourd'hui sous ces formes puissantes le principe que Héron d'Alexandrie avait utilisé il y a plus de 20 siècles en envoyant un jet de vapeur sur une petite roue dont le mouvement engendrait du travail.

Le principal avantage des turbines, qu'elles doivent à leur grande vitesse, est leur moindre encombrement : un groupe de 3000 kilowatts pèse 20 tonnes, dont 9 pour la turbine et 11 pour l'alternateur; le même groupe avec une machine à piston pèserait 400 tonnes. Le premier a un encombrement horizontal de 16^m de long sur 3^m,50 de large, soit 56^m²; le second occuperait environ 280^m², c'est-à-dire 5 fois plus. La turbine Curtis, dont l'axe est vertical, a un encombrement horizontal encore plus réduit, 7 pour 100 de celui d'une machine à vapeur de même puissance.

Les turbines comportent encore de nombreux avantages : la circulation uniforme de la vapeur toujours dans le même sens laisse chaque point à la même température, et par suite évite les condensation et évaporation successives si nuisibles dans la machine à vapeur; la régularité de la vitesse et l'absence de tout couple périodique sont, comme nous l'avons vu, des avantages précieux au point de vue du couplage des alternateurs; l'absence de matières lubrifiantes dans les parties en contact avec la vapeur permet une surchauffe plus considérable que dans les machines à vapeur ordinaires où les huiles sont détruites par une surchauffe trop élevée et où l'on ne peut guère dépasser 250°; on vaporise jusqu'à 300° dans les turbines; l'eau de condensation qui n'est pas souillée par des matières grasses peut immédiatement servir à l'alimentation de la chaudière, etc. Grâce à toutes ces qualités, la consommation en vapeur s'est abaissée aujourd'hui à moins de 5^{kg} de vapeur par cheval-heure, c'est-à-dire est devenue comparable à celle des meilleures machines à vapeur.

L'inconvénient le plus grave est la nécessité d'une condensation extrêmement parfaite : on atteint aujourd'hui couramment des vides de quelques centimètres de mercure, le rendement de la turbine baissant extrêmement vite avec un mauvais vide au condenseur (¹); ceci exige une alimen-

tation en eau très abondante et telle qu'on ne la peut trouver, pour de grandes installations, qu'au bord d'un fleuve ou d'une rivière; un autre inconvénient est la difficulté de construire des machines de faible puissance, non au point de vue de la turbine qui au contraire se prête très bien à ces faibles puissances, mais au point de vue de l'alternateur et surtout de la dynamo à courant continu.

Un usage extrêmement intéressant des turbines à basse pression a été fait par M. Rateau pour utiliser les vapeurs d'échappement des machines à vapeur ordinaires sans condensation; ces vapeurs s'écoulent d'une manière intermittente à chaque coup de piston; grâce à un appareil extrêmement ingénieux, qu'il nomme un *accumulateur de chaleur*, dont la capacité calorifique emmagasine, puis restitue de la chaleur, M. Rateau transforme cet écoulement intermittent en écoulement continu propre à alimenter une turbine : c'est ainsi qu'aux mines de Bruay, la vapeur d'échappement d'une machine d'extraction, à 0,9 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, est détendue par l'intermédiaire d'un accumulateur de chaleur, d'une turbine à basse pression de 300 chevaux et d'un condenseur jusqu'à la pression de 0,15 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$. La turbine actionne

deux dynamos à courant continu dont l'énergie, aux frais d'installation près, est absolument gratuite, puisqu'elle utilise des vapeurs qui auparavant se perdaient librement dans l'atmosphère. Si l'on réfléchit que, dans les mines, par exemple, certaines machines d'extraction consomment en moyenne de 5000^{kg} à 6000^{kg} de vapeur par an, que dans les aciéries certains laminoirs consomment jusqu'à 20 000^{kg} de vapeur par heure et que ces machines marchent souvent sans condensation, on verra que, par l'application des turbines à basse pression et d'une condensation aussi parfaite que possible, on pourra gagner de 600 à 700 chevaux dans le premier cas et près de 2000 chevaux dans le second, qu'on pourra utiliser et transporter sous forme électrique.

La dernière source motrice que nous avons à examiner est le moteur à gaz : réduit pendant bien longtemps à la production des petites puissances, il s'est développé depuis quelques années avec une rapidité extraordinaire : on peut voir aujourd'hui des moteurs à gaz à 4 cylindres en double tandem, à double effet, de 6000 chevaux, ayant un rendement thermique (rapport entre la puissance utilisée et la puissance contenue dans la houille) de 38 pour 100.

Il va sans dire que ces puissantes machines n'utilisent pas le gaz de ville; elles utilisent uniquement le gaz pauvre et dans ce cas la consommation s'abaisse à 450^{kg} de houille par cheval-heure, ou les gaz perdus provenant des hauts fourneaux; cette dernière application surtout semble prendre actuellement un développement grandiose : un haut fourneau produisant 100 tonnes de fonte par jour donne environ 16 000^m³ de gaz par heure qui peuvent produire une puissance d'au moins 2000 chevaux; dans ces conditions, le kilowatt-an reviendrait à 100^{fr} ou 120^{fr} (intérêt et amortissement compris) : c'est ce qu'un abonné parisien aux secteurs payerait environ 10 000^{fr}. On évalue à 600 000 chevaux la puissance ainsi perdue en Allemagne pour une production de 8 000 000 de tonnes de fonte : on peut dire que lorsque toute cette puissance sera utilisée, et elle ne peut l'être que sous la forme électrique, la production de la fonte deviendra l'accessoire, et celle de l'énergie électrique le principal dans les pays de hauts fourneaux.

Accumulateur Thomas Alva Edison. (Brevet anglais 26948 du 10 décembre 1904; *Centrablatt f. Accumulatoren*, t. VI, p. 81, 1^{er} avril 1905).

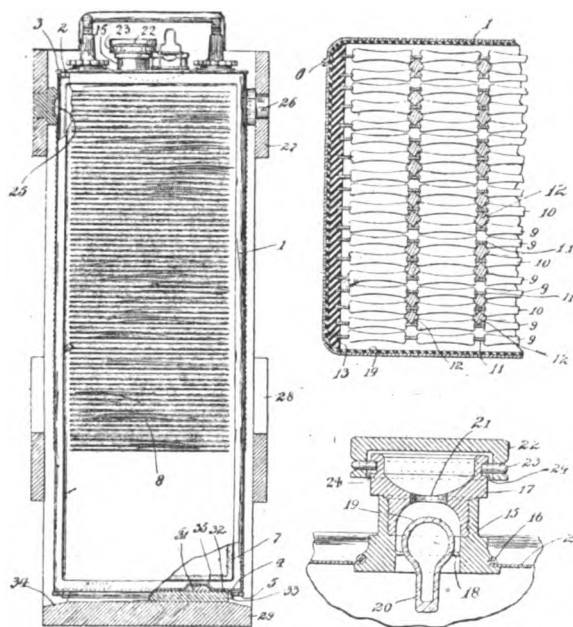
La figure 1 montre une élévation, avec partie en coupe, de l'élément dans la caisse; la figure 2 repré-

(¹) 1^{kg} de vapeur se détendant depuis la pression de 10 kg : cm² jusqu'à la pression atmosphérique normale donne théoriquement 39 000^{kgm}; se détendant jusqu'à une pression de 0,206 kg : cm², il donne 59 000^{kgm}, et jusqu'à une pression de 0,070 kg : cm², 73 000^{kgm}.

sente le montage de 4 éléments dans une caisse ; la figure 3 indique la disposition, en coupe, des électrodes dans l'élément ; enfin la figure 4 se rapporte au dispositif de soupape.

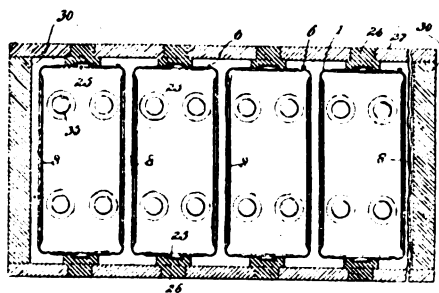
Le bac 1 est en tôle d'acier ou de fer soigneuse-

Fig. 1, 3, 4.



ment nickelée. Le couvercle 2 est fixé sur lui par une soudure électrique 3. Le fond et les côtés sont également rapportés par les soudures 5 et 6. Pour éviter que les côtés ne se recourbent extérieurement sous l'influence de la chaleur de soudure, ce qui

Fig. 2.



donnerait des dangers de court-circuit, on maintient, à l'aide d'un poinçon, ces parois un peu en retrait, de sorte que la déformation ne les fait pas dépasser la ligne des angles. Le bac possède des ondulations ordinaires 8. Les poches 9 des plaques 11 renferment la matière positive hydroxyde de nickel et, les poches 10, la matière négative fer ou oxyde de fer. La capacité de la matière positive peut être augmentée de 20 pour 100 par l'addition

d'une petite quantité (6 pour 100) d'hydroxyde de bismuth. Celui-ci est mélangé intimement à l'hydroxyde de nickel précipité, ou même est précipité avec lui. La cause de cette augmentation de capacité est inconnue. L'oxyde de bismuth employé seul est pratiquement inutilisable comme dépolarisant. Le fer finement divisé obtenu par réduction de l'oxyde par l'hydrogène est beaucoup plus actif électrolytiquement que l'hydroxyde de nickel obtenu jusqu'ici. De sorte qu'il suffit d'une quantité de fer moitié de celle du nickel. Si l'on employait des poches positives renfermant deux fois plus de matière que les négatives, la surface de contact avec les parois métalliques serait insuffisante pour les grandes intensités de courant nécessaires. En outre il faudrait des machines différentes pour la construction des positives et pour celle des négatives ; enfin la circulation nécessaire de l'électrolyte se ferait mal. Pour ces raisons, on prend ici (figure 3) un nombre d'électrodes-nickel double de celui des électrodes-fer. On place entre les plaques voisines de polarité contraire des séparateurs à section en losange 12 découpés dans une plaque isolante. Entre les deux plaques nickel voisines, on ne met aucun séparateur. Aux extrémités, les électrodes sont maintenues par des baguettes fendues 13. L'intérieur du bac est garni d'une matière isolante 14. Sur le couvercle 2 (fig. 4) est placée dans un support 16 une boîte à soupape 15 dont la partie supérieure 17 peut être enlevée. La boîte 15 a un siège 18 pour la soupape 19 avec la queue 20. Cette soupape est de préférence en verre ; elle est creuse, de sorte qu'elle flotte sur la solution dans la boîte à soupape. Cette soupape reste donc ouverte tant qu'il se trouve du liquide dans la boîte 15. La partie supérieure 17 est munie d'un trou 21 pour les gaz et d'un couvercle 22 retenu par les pièces 23 engagées dans une rainure 24 en forme d'anneau. En temps normal le couvercle reste fermé, ce qui évite l'introduction des poussières. Lorsque la pression intérieure devient trop élevée il se lève un instant et laisse passer les gaz.

Chaque élément a une proéminence 25 (fig. 2) qui s'engage dans la cheville isolante 26 de la paroi en bois 27 de la caisse. Celle-ci possède des contacts 28, un fond 29 et des parois extrêmes 30. De cette façon les éléments se montent simplement et sont bien isolés les uns des autres. Le fond 29 porte des proéminences 31 ainsi qu'une plaque isolante 32 avec rebord 33 pour isoler les éléments du fond de la caisse.

L'humidité arrivant sur le bord 33 s'écoule par les plans inclinés 34 du fond.

En pratique, on trouve que les matières actives renferment des matières organiques, des carbonates, des radicaux acides et autres impuretés solubles

provenant des impuretés inévitables des substances employées et de celles introduites pendant la fabrication. La capacité de l'électrode-nickel en est influencée pendant que celle de l'électrode de fer l'est peu ou pas. Cependant il ne faut pas non plus d'impuretés à l'électrode fer car ces impuretés se transportent à l'électrode nickel. Pour éliminer les impuretés des électrodes, on fait passer un courant en utilisant ces électrodes comme cathodes et en prenant le bac nickelé comme anode. Ce courant est d'intensité telle que de grandes quantités d'hydrogène se dégagent dans la matière active fer et nickel. On pousse la décharge 10 à 30 heures après réduction des matières actives. Pendant cette opération, il est bon de recouvrir d'amiant les éléments de façon à rayonner aussi peu que possible de chaleur et à échauffer ainsi la solution un peu au-dessous de son point d'ébullition. Les impuretés solubles étant entrées en solution, on jette celle-ci et on la remplace par une solution fraîche avec laquelle on charge l'élément. Si plus tard, pendant le fonctionnement, de nouvelles substances étrangères sont introduites (acide carbonique, eau impure, etc.), on répète le traitement ci-dessus en le limitant à la matière nickel.

L'accumulateur E. I. T. au plomb allotropique, par GEORGES ROSSET (*Centralblatt f. Accumulatoren*, t. VI, p. 75, 1^{er} avril 1905). — Nous ne reviendrons pas ici sur la description de cet élément qui a été faite antérieurement (t. III, p. 201, 15 avril 1905); nous signalerons seulement les quelques renseignements complémentaires suivants: Des essais effectués sur des plaques positives de 4^{mm} à 5^{mm} d'épaisseur de matière active ont montré une capacité spécifique de 150 ampères-heures par kilogramme de matière active au régime de 20 ampères par kilogramme de matière active positive et 140 ampères-heures au régime de 23,8 ampères également par kilogramme de matière active positive. — Sur un coupé électrique pesant, tout compris, un peu plus de 1400^g avec 3 voyageurs, on a mis une batterie de 44 éléments à 13 plaques 185 × 98 × 4^{mm} à 5^{mm} (bacs à 15 plaques) pesant 365^g, soit en moyenne 8^g,3 par élément. Le rapport du poids de batterie au poids total n'était donc que de $\frac{365}{1400} = 0,26$.

Entre Paris et Versailles, ce coupé a pu faire 100^{km} en 5^h 30^m sans que la batterie fût épuisée. Quelques jours après un élément de cette batterie, d'un poids de 8^g,46 était essayé au Laboratoire et donnait dans l'acide à 32° B. une capacité de 153 ampères-heures au régime de 25,5 ampères jusque 1,70 volt, ce qui correspond à une capacité massique de 18 ampères-heures par kilogramme d'élément. — M. Rosset indique que l'augmentation de tension de l'accumulateur E. I. T. provient de la négative comme de la positive. Il soutient en outre que le plomb utilisé a un équivalent électrochimique plus faible que le plomb ordinaire.

BREVETS RÉCENTS.

Génération: ARNOLD. USAP. 783498, 8 juin 1900 (connexions équipotentielles pour armatures de dynamos). — ARNOLD et LA COUR. BF. 349293, 8 déc. 1904 (disposition pour commuter le courant d'armatures de machines électriques). — BEHREND. USAP. 783409, 6 nov. 1903 (dynamo).

— DOLIVO-DOBROWOLSKY (von). USAP. 787027, 18 mai 1903 (alternateur mono- et polyphasé). — FEHLERT, LOUBIER et BUTTNER. DRP. 159990, 19 juin 1904 (dynamo). — FEIN. DRP. 160108, 12 juin 1904 (inducteur à aimants permanents). — FOOT. BP. 19126, 1904 (dynamo). — GENERAL ELECTRIC Co. BP. 8699, 8841, 9117, 9844, 10019, 10248 et 10249, 1904 (enroulement et dynamos). — HASSLACHER. DRP. 160107, 15 avril 1904 (compoundage des machines synchrones). — HATCH. USAP. 787292, 7 mars 1904 (dynamo). — JACOBSON. USAP. 787184, 27 janv. 1904 (dynamo). — KAISLING. USAP. 785499, 20 juill. 1903 (générateur électrique). — LAPEYRADE. BP. 3337, 1904 (dynamo). — LATOUR. BP. 1494, 1904 (dynamo); BF. 349558, 27 déc. 1904 (bobinage des inducteurs à collecteurs à plusieurs enroulements); USAP. 787302, 30 août 1904 (alternateur). — LEITNER et LUCAS. BF. 349507, 23 déc. 1904 (réglage de dynamos à vitesse variable). — LUNDSKOG. USAP. 784799, 6 fév. 1903 (gabarit pour bobinage). — MICHEL. BF. 349003, 15 déc. 1904 (perfectionnements aux machines magnéto-électriques). — PLAGNARD et LASBAYSSES. BF. 349506, 23 déc. 1904 (générateur d'énergie électrique). — POHL et POHL. BP. 28155 et 28156, 1904 (dynamo et inducteur). — REIST. USAP. 784807, 1^{er} août 1904 (dynamo). — SIEMENS-SCHUCKERT. BF. 349172, 25 nov. 1904 (procédé pour activer l'excitation des machines électriques). — STRONG. BF. 349468, 25 nov. 1904 (perfectionnements aux appareils rotatifs producteurs d'étincelles espacées). — THOMAS. USAP. 786325, 16 juill. 1903 (condensateur). — THOMPSON. BP. 19168, 1904 (courant alternatif). — VARRET. BF. 349368, 22 déc. 1904 (machine magnéto-électrique). — WILSON. BP. 11604, 1904 (dynamo). — *Divers*: CARD. USAP. 784547, 1^{er} oct. 1903 (balais pour dynamo ou moteur). — DUFFNER. USAP. 786552, 18 août 1904 (jouet automatique avec générateur électrique). — FEENY. BF. 349011, 10 déc. 1904 (balai pour appareils électriques). — FELIX. DRP. 159663, 31 mars 1904 (inverseur de courant). — GENERAL ELECTRIC Co. BP. 8590, 1904 (porte-balai). — HILLS, URQUHART et HONEY. BP. 9372, 1904 (balais). — SUTTON et LORD. USAP. 786533, 11 juillet 1904 (jeu athlétique à générateur électrique).

Transformation: ADAMS-RANDALL. USAP. 786396, 22 décembre 1903 (bobine d'induction). — BURGESS. USAP. 785403, 15 août 1903 (redresseur pour courant alternatif). — DERI. USAP. 786010, 31 mars 1903 (commutateur pour induit d'alternateur). — EHRLHARDT. DRP. 159916, 12 mars 1904 (tube Röntgen). — EICHORN. BF. 349484, 20 déc. 1904 (circuit servant à produire des oscillations électriques). — ELECTRO-RADIATION Co. BP. 25378 et 25382, 1904 (courant à haute fréquence). — HEINKEL. USAP. 785731, 4 août 1904 (transformation des courants électriques pour moteurs électriques). — KRUEH. USAP. 787192 et 787193, 9 et 12 déc. 1903 (procédé pour transformer le courant continu et changeur de fréquence). — RECKLINGHAUSEN (von). BP. 11832, 1904 (redresseur de courant). — SIEGFRIED. USAP. 786320, 12 février 1904 (redresseur de courants). — STEINMETZ. USAP. 787228, 17 déc. 1903 (transformation des courants continus). — TEILLOUX. BF. 349496, 23 déc. 1904 (procédé de transformation des courants vibrés).

Piles: DELAFON. BP. 8686 et 8984, 1904 (pile et électrodes). — HOSKINS. BF. 349632, 28 déc. 1904 (couple thermo-électrique). — KEIJSER. BF. 349304, 20 déc. 1904 (pile électrique). — MARSH. USAP. 786577, 18 octobre 1904 (couple thermo-électrique). — RIASSE. BF. 349192, 15 déc. 1904 (pile primaire pour force motrice et autres usages).

Accumulateurs: CHAMBERLAIN. USAP. 787024, 8 fév. 1904 (dispositif pour contrôler la charge des batteries). — EDISON. BP. 25948, 1904. — GARDINER. BP. 27860, 1904. — JACOB. BF. 349654, 29 déc. 1904. — KONRAD. DRP. 160068, 5 février 1904 (électrode pour accumulateur).

TRACTION.

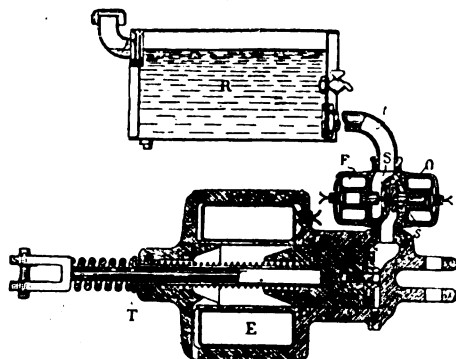
Sur la comparaison des équipements à deux et à quatre moteurs (*Street Railw. Journ.*, t. XXV, p. 438-442, 4 mars). — Dans cet article, reproduction d'une Communication faite le 24 février à l'American Institute of Electrical Engineers, M. Crawford fait connaître les résul-

tats d'essais comparatifs effectués sur 4 voitures circulant sur une même ligne ne présentant que des rampes moyennes et dont la densité de trafic était également moyenne; deux de ces voitures étaient munies de deux moteurs (l'une était à simple truck); les deux autres, à deux boggies, avaient quatre moteurs. Le Tableau suivant donne les principales caractéristiques de ces voitures :

NUMÉROS des voitures.	NOMBRE de places assises.	MOTEURS.	RAPPORT d'engrenages.	POIDS en tonnes.	PRIX			RENDEMENT commercial.
					total.	par siège.	par tonne.	
169	26	2 × 25 ^{ch}	1 : 4,87	9 075	13 550 ^{fr}	520 ^{fr}	1490 ^{fr}	pour 100. 17,0
138	34	2 × 35	1 : 2,82	12 425	16 375	480	1315	13,1
101	34	4 × 35	1 : 2,83	14 675	21 800	640	1485	12,5
480	42	4 × 40	1 : 3,67	20 680	25 200	600	1215	10,6

Le rendement commercial, indiqué par la dernière colonne, est le quotient de la somme des dépenses par la recette par siège. On voit donc que la voiture la plus petite a le meilleur rendement commercial; mais l'auteur fait remarquer que cette voiture était manifestement trop petite pour le service et qu'il y avait souvent un nombre de voyageurs supérieur au nombre de sièges; la voiture 138 conviendrait mieux pour le trafic. Il résulterait en tout cas de ce Tableau que les voitures à deux moteurs sont un peu plus économiques que celles à quatre moteurs, tout au moins dans les conditions des essais, mais l'économie est peu marquée entre les voitures 138 et 101 qui sont les plus comparables et, comme le fait remarquer M. Armstrong dans la discussion qui suivit cette Communication, elle indique tout au plus que les avantages économiques que présentent généralement les équipements à quatre moteurs peuvent ne plus exister dans certaines conditions spéciales; il conviendrait donc d'étudier chaque cas particulier d'exploitation avant de choisir entre les équipements à deux ou à quatre moteurs.

Frein hydro-électrique A. E. G. (*Génie civil*, t. XLVI, p. 261, 18 février). — Ce frein se compose d'un solénoïde E avec noyau N, d'un réservoir R contenant de l'huile ou un mélange de glycérine et d'eau, et de deux soupapes S et s



commandées par les solénoïdes F et O. Pour la manœuvre de ce frein, un combinateur à manette tournante permet d'envoyer dans le solénoïde E un courant dérivé de la ligne d'alimentation et dont l'intensité est graduée par des résistances;

le noyau N est alors déplacé vers la gauche et agit sur la timonerie du frein par la tige T; en même temps ce noyau aspire derrière lui le liquide du réservoir. Quand le serrage des freins est suffisant le conducteur donne à la manette du combinateur un mouvement vertical de haut en bas qui a pour effet d'envoyer un courant dans le solénoïde F et de fermer la soupape S; il coupe ensuite le courant du solénoïde E en ramenant la manette au point mort. Pour desserrer, il suffit d'appuyer de nouveau sur la manette, ce qui a pour effet d'envoyer dans le solénoïde O un faible courant qui ouvre la petite soupape s; on obtient ainsi un desserrage graduel que l'on peut d'ailleurs arrêter à tout moment en relevant la manette et coupant ainsi le circuit du solénoïde O. Pour avoir un desserrage instantané, il suffit de tourner la manette dans le sens inverse de celui qui correspond au freinage; un plus fort courant circule alors dans le solénoïde O et c'est la grande soupape S qui se trouve ouverte. Ajoutons que la manette du combinateur peut prendre une position dite *de secours* à laquelle correspond la mise en court-circuit, sur des résistances convenables, des moteurs de la voiture; cette position n'est utilisée qu'en cas d'urgence ou si le courant d'alimentation vient à manquer. — Le poids d'un appareil de freinage de ce genre, y compris deux combinateurs, est de 190^{kg}. Pour une voiture de 10 ce freinage demande au maximum 20 ampères pendant 2 secondes; la force attractive sur le noyau N atteint alors 500^{kg}. Le desserrage demande 10 ampères pendant 2 secondes. — Ce système présente sur les freins électromagnétiques ordinaires l'avantage de ne pas exiger le maintien du courant pendant toute la durée du freinage; il a été appliqué par l'Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft sur divers réseaux de tramways (Strasbourg, Stuttgart, etc.).

BREVETS RÉCENTS.

Prises de courant : Trôlet : BROWNLEE. USAP. 786188, 10 juin 1904. — GIERDING. USAP. 787169, 7 juillet 1904. — GRASBERGER. USAP. 787033, 787034, 787035, 787036, 23 janv. 1904, 9 fév. 1905, 10 sept. 1904 et 20 janv. 1905. — KASCO. USAP. 786219, 9 déc. 1904. — KING. USAP. 786036, 20 juin 1904. — PECK. USAP. 787343, 13 déc. 1904.

Divers : AMERICAN ELECTRIC BRAKE C°. BP. 24675, 1904 (frein). — STEINMETZ. USAP. 784814, 20 août 1904.

ÉCLAIRAGE.

La lampe et la soupape à mercure de Cooper Hewitt, par MAURICE LEBLANC. Conférence faite le samedi 19 avril devant la Société française de Physique et à la séance du mercredi 3 mai de la Société internationale des Électriciens.

Les propriétés de l'arc électrique avec électrodes de mercure étudiées et utilisées depuis plusieurs années par divers physiciens, en particulier Arons, ont donné lieu récemment, comme on sait ⁽¹⁾, à quelques applications industrielles grâce aux travaux de Cooper Hewitt; ce sont ces travaux et leurs résultats ⁽²⁾ que M. Leblanc expose dans sa conférence.

Cette conférence est reproduite *in extenso* ci-dessous; ceci nous dispense d'en donner un compte rendu détaillé; indiquons-en cependant les points essentiels ainsi que les quelques observations qui ont été faites à la suite de sa présentation à la Société internationale des Électriciens ⁽³⁾.

⁽¹⁾ Voir à ce sujet dans la *Revue électrique* : Sur la conductibilité de la vapeur de mercure, par COOPER HEWITT, t. I, p. 184, 30 mars 1904. Une lampe à arc à mercure en verre de quartz, par MAX BODENSTEIN, t. I, p. 214, 15 avril 1904. Recherches sur l'arc voltaïque dans les vapeurs métalliques aux basses pressions, par E. WEINTRAUB, t. I, p. 274, 15 mai 1904. Sur les lampes à mercure et sur une nouvelle lampe à allumage automatique, par H. PAWECK, t. I, p. 368, 30 juin 1904. Relais téléphonique Cooper Hewitt à vapeur de mercure, t. I, p. 126, 29 février 1904. L'arc au mercure et ses applications, par E. WEINTRAUB, t. III, p. 157, 15 mars 1905.

⁽²⁾ Ainsi qu'il résulte des indications bibliographiques ci-dessus, les applications industrielles de l'arc au mercure ont été aussi étudiées dans ces dernières années par M. Weintraub. L'exposé de ces études ayant fait l'objet d'une communication présentée récemment à la Société internationale des Électriciens par M. Marius Latour (voir t. III, p. 157), M. Leblanc a cru devoir faire précéder sa communication à cette Société de la lecture d'une lettre adressée par des amis de M. Cooper Hewitt et dans laquelle ceux-ci réclament la priorité en faveur de ce dernier, ses recherches remontant à l'année 1895.

⁽³⁾ Voici ces observations : M. TRIPIER fait remarquer que la répugnance de la cathode est, comme l'a d'ailleurs dit M. Cooper Hewitt, un phénomène très général et que l'on peut constater dans l'arc entre électrodes de charbon. Si en effet on observe les courbes classiques de la variation d'intensité du courant dans un arc alternatif et celles de la différence de potentiel entre les charbons, on remarque que, pendant l'intervalle de temps correspondant à l'inversion du sens du courant, la différence de potentiel croît très rapidement et éprouve une brusque diminution un peu après que le courant a commencé à croître : il y aurait donc encore là grande répugnance de la cathode en charbon tant que celle-ci n'a pas été désagrégée par un courant d'intensité convenable. Si l'on emploie des charbons imprégnés de sels de potassium cette répugnance de la cathode diminue ou même s'annule, car on n'observe plus dans ce cas d'augmentation brusque de la tension entre électrodes : la variation de celle-ci a alors à peu près la même allure que la variation d'intensité.

Comme on sait que les sels de potassium s'ionisent facilement, M. Tripier en conclut que les phénomènes d'ionisation doivent jouer un rôle important dans le fonctionnement des arcs à mercure, hypothèse d'ailleurs déjà faite et étudiée par

En premier lieu M. Leblanc insiste sur la propriété fondamentale des cathodes mercurielles : présenter une résistance initiale énorme au passage d'un courant et de ne plus présenter, au contraire, qu'une très faible résistance dès qu'un courant d'intensité convenable est parvenu à s'établir, par suite d'une élévation considérable de la différence de potentiel entre électrodes; en d'autres termes, et suivant l'expression imagée de M. Cooper Hewitt, posséder une *répugnance* considérable au passage d'un courant tant que le mercure n'a pas été *désagrégé* en quelque sorte par le passage même du courant.

Cette disparition de la répugnance a une grande importance pratique, car elle permet de faire passer dans un tube à vide à cathode mercurielle un courant d'intensité considérable (100 ampères et plus) dès qu'un faible courant (d'environ 3,5 ampères) a produit la désagrégation de la cathode. Mais il faut commencer par faire passer ce faible courant, c'est-à-dire amorcer l'arc, et le conférencier se trouve ainsi amené à décrire les procédés d'amorçage qui peuvent être utilisés : surélévation de tension produite par la rupture d'un circuit inductif, emploi d'une anode intermédiaire plus proche de la cathode que l'anode normale, ou plus simplement mise en court-circuit momentanée de l'anode et de la cathode en inclinant le tube de manière qu'un filet de mercure réunisse les deux électrodes.

L'arc étant amorcé, quelles conditions influenceront sur son fonctionnement? C'est ce que M. Leblanc

divers physiciens. Toutefois il fait remarquer qu'une propriété de ces arcs se concilie difficilement avec la théorie des ions : c'est la formation d'une flamme dirigée suivant les lignes de force lorsqu'on approche un aimant de ces arcs. Peut-être, ajoute-t-il, y a-t-il quelque analogie entre ce phénomène et les rayons magnéto-cathodiques de M. Villard.

M. ARNOUX rapporte le fait suivant, qui lui paraît appuyer l'hypothèse de l'existence d'une répugnance à la cathode d'un arc entre charbons : si l'on relie deux charbons aux deux pôles d'une batterie d'accumulateurs de 11000 volts, l'arc ne s'allume que lorsque la distance entre les pointes de charbons est réduite à 11^{mm}; aussitôt l'arc amorcé, la différence de potentiel entre pointes tombe à 300 ou 400 volts et tomberait sans doute beaucoup plus bas si la batterie utilisée avait un débit suffisant.

Il rappelle également un fait qu'il a eu l'occasion d'observer il y a une quinzaine d'années sur des arcs à courants alternatifs de très grande intensité pour l'éclairage des phares : si, lorsque l'arc est éteint, on rapproche rapidement les charbons alors qu'ils sont encore rouges, on constate que l'arc se rallume dès que la distance est abaissée à 1^{mm},5 environ, tandis que l'allumage ne peut s'effectuer qu'au contact entre charbons froids.

M. BOUTY, président, prend également part à la discussion et fait remarquer que, si la théorie des ions est capable d'expliquer certains phénomènes de l'arc, il en est plusieurs dont elle est incapable de fournir une explication. Aussi conclut-il que, si cette théorie est aujourd'hui de grande utilité, il ne faut pas chercher à l'étendre trop loin.

expose d'après les recherches de MM. Cooper Hewitt et Wills.

Le conférencier passe alors aux applications. La première et la plus développée jusqu'ici est l'éclairage, éclairage d'ailleurs très économique, puisque la consommation des lampes Cooper Hewitt n'est que de 0,45 watt par bougie, y compris la perte d'énergie dans les résistances inductives qui les accompagnent. Trois de ces lampes, dont l'amorçage s'effectue par mise en court-circuit de l'anode et de la cathode, sont présentées en séance; pendant les séances de Pâques de la Société de Physique, elles servaient à l'éclairage du vestibule de l'hôtel de la Société d'Encouragement. Elles fournissent un fort bel éclairage des objets, très uniforme; malheureusement leurs radiations, dénuées de rayons de grande longueur d'onde, donnent une coloration verdâtre qui modifie considérablement la couleur des objets, principalement ceux de couleur rouge ou rose; les visages des spectateurs prennent une teinte verdâtre, cadavérique, qui n'a rien d'agréable. C'est un mode d'éclairage qui peut convenir pour les ateliers, mais que les mondaines seraient fort contrariées de voir s'étendre aux appartements particuliers, aux salles de spectacles ou de bal. Il est vrai qu'en entourant les lampes d'une gaze imprégnée d'une substance fluorescente, comme la rhodamine, il est possible de mélanger aux radiations émises des radiations rouges: l'aspect cadavérique disparaît, mais on perd environ 25 pour 100 de l'énergie lumineuse.

Une autre application est l'utilisation des tubes Cooper Hewitt, comme redresseurs de courants alternatifs. Cette application a fait l'objet d'une expérience devant la Société internationale des Electriciens: le courant alternatif du secteur de la Rive gauche (42 périodes par seconde) fournit un courant de 30 ampères utilisé pour la charge d'une batterie. Le dispositif employé diffère de celui décrit dans la Communication (*voir plus loin*, figure 13), par le système d'amorçement du tube: au lieu d'être effectué au moyen d'une batterie auxiliaire B, cet amorçement se fait en basculant le tube qui porte à sa partie inférieure deux ampoules à mercure. Le transformateur T a son primaire branché sur le réseau; son secondaire est formé par deux enroulements de sens inverses reliés respectivement aux deux électrodes *a* et *c* et dont le milieu est connecté à la borne négative de la batterie d'accumulateurs à charger; l'arc est amorcé par inclinaison du tube, de manière à mettre en court-circuit le mercure que contiennent les deux coupelles de la partie inférieure du tube; l'une des phases du courant d'alimentation fait passer un courant secondaire de *a* à *c*, l'autre phase un courant de *b* à *c*. Un tel redresseur a un rendement de 98

pour 100; en outre il permet de redresser, non seulement les courants des fréquences actuellement utilisées dans l'industrie, mais encore les courants de fréquences hertziennes: 10^7 périodes par seconde.

Une troisième application est l'emploi des tubes à vapeur de mercure comme explosateurs pour la production de courants de hautes fréquences. On verra dans le texte de la Communication comment cette application est réalisée.

L'ensemble de ces deux applications présente un intérêt technique sur lequel nous nous permettons d'insister. Si la dernière nous donne un moyen de produire des oscillations de fréquence assez élevées pour pouvoir être transmises à travers l'espace, sans conducteurs, la précédente nous permet de transformer ces courants oscillatoires en courant sensiblement continu. Par suite, nous pouvons ainsi transmettre l'énergie à travers l'espace et la recueillir en la mettant sous une forme utilisable industriellement: le courant continu. Pour la réalisation pratique il suffit que le dispositif soit capable de transmettre et de recueillir une puissance considérable, de l'ordre de celle des moteurs industriels; or on sait qu'un tube Cooper Hewitt d'assez faible diamètre laisse passer un courant d'une centaine d'ampères: le problème semble donc susceptible d'une solution pratique.

Toutefois nous avons fait une hypothèse: que l'explosateur puisse fournir des oscillations de fréquence comparable à celle des oscillations de Hertz. Jusqu'ici M. Cooper Hewitt n'a pas, dans ses expériences, dépassé la fréquence 100000, fréquence trop faible pour que la transmission sans conducteurs soit possible sans perte considérable. Rien n'indique, il est vrai, que l'on ne puisse atteindre des fréquences plus élevées et notre conclusion, pour être moins certaine, reste encore très probable.

Mais, même en ne considérant que les faits acquis, la combinaison des deux applications présente un intérêt considérable. Les courants de fréquence 100000 peuvent être transmis par une ligne à deux conducteurs, pourvu qu'on ait la précaution de disposer en dérivation entre ces conducteurs des bobines d'inductance convenable. D'autre part, de tels courants peuvent transmettre leur énergie à quelque distance des conducteurs sans trop de perte; ils pourront donc encore servir à la transmission à travers l'espace, sans conducteurs, si la distance à franchir n'est que de quelques mètres. Or une telle solution est de la plus haute importance lorsque le récepteur d'énergie est mobile, comme c'est le cas en traction: un redresseur Cooper Hewitt, combiné avec un circuit disposé sous une voiture de manière à être soumis à l'induction d'un conducteur souterrain placé entre les rails et parcouru par un

courant de haute fréquence, remplacerait avantageusement les modes de captation du courant actuellement utilisés en traction. Hâtons-nous d'ailleurs d'ajouter que ce procédé de captation du courant n'est pas de la première nouveauté; il a été indiqué dans un brevet pris en 1894, et quoique, par modestie sans doute, M. Leblanc n'ait pas rappelé ce détail dans sa communication, la collection de *L'Éclairage électrique*, où le principe de ce brevet a été signalé (voir t. V, p. 319, 16 novembre 1895) nous permet de donner le nom de l'inventeur : M. Leblanc lui-même. Espérons donc que, maintenant qu'il possède les éléments nécessaires pour la production et la captation des courants industriels de haute fréquence, M. Leblanc ne tardera pas à nous montrer la réalisation pratique de ce système de traction.

Une dernière application des tubes Cooper Hewitt, mentionnée dans la conférence, est leur utilisation comme interrupteur de courants alternatifs. C'est encore une application des plus intéressantes aujourd'hui que l'emploi industriel des hautes tensions a conduit les ingénieurs à se préoccuper des surtensions résultant de la coupure des circuits lorsque cette coupure se produit à un moment où l'intensité est différente de zéro.

On voit donc que, si l'éclairage est aujourd'hui l'application la plus importante des tubes Cooper Hewitt, il en est d'autres, plus intéressantes encore en ce qu'elles ouvrent à l'Électrotechnique des horizons nouveaux. Il nous a paru utile de les mettre en évidence par ces quelques lignes. Que M. Leblanc nous excuse de les publier en tête de sa Communication et ne les considère pas comme une préface dont sa Communication n'avait certes pas besoin.

J. B.

CONFÉRENCE DE M. LEBLANC.

Messieurs, les renseignements que je vais avoir l'honneur de vous communiquer sur les recherches de M. Cooper Hewitt m'ont été fournis par son collaborateur, M. le Dr de Recklinghausen, qui a bien voulu m'assister en cette circonstance et répéter devant vous les expériences fondamentales auxquelles il a participé.

I. TUBES A GAZ RARÉFIÉ DE GRANDE CONDUCTIBILITÉ. — Si l'on veut faire passer un courant électrique dans un tube contenant un gaz raréfié, ce gaz se comporte comme un diélectrique parfait tant que le champ électrique n'a pas atteint une valeur déterminée dépendant de la pression et de la nature du gaz. Lorsqu'elle est atteinte, le gaz perd brusquement son pouvoir diélectrique et se comporte ensuite comme un conducteur, tant qu'il est traversé par un courant.

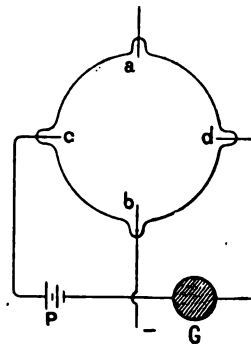
Pour le démontrer, M. Bouty place le tube contenant le gaz raréfié entre les plateaux d'un condensateur. Dès qu'un courant traverse le tube, la capacité du condensateur est augmentée comme si l'on avait rempli le tube d'un liquide conducteur.

On peut également se servir d'une ampoule munie de

quatre électrodes, *a*, *b*, *c* et *d* (fig. 1) : si un premier courant passe à travers deux d'entre elles, *a* et *b* par exemple, et si l'on ferme une pile *P* sur les deux autres, celle-ci débite un courant facile à mesurer avec un galvanomètre *G*, quand même le voltage de la pile ne serait que de 1 volt. Cet effet cesse instantanément dès que l'on interrompt le passage du premier courant.

M. Cooper Hewitt a étudié les tubes à vide dès 1895 et a porté spécialement son attention sur les phénomènes qui se manifestent à la surface des électrodes. Il a découvert que

Fig. 1.



la résistance offerte au passage d'un courant par un semblable tube, une fois la cohésion diélectrique des gaz restant détruite, ne devait être attribuée que pour une très faible partie à la colonne gazeuse, et qu'elle résidait surtout à la surface de la cathode. Il a appelé ce phénomène *répugnance de la cathode*.

Il a découvert, en même temps, que si la surface de la cathode était désagrégée par le passage du courant (en étant volatilisée, sublimée ou décomposée par lui), elle perdait aussitôt sa répugnance et que l'on pouvait alors, après un amorçage préalable, faire traverser un tube ou une ampoule à vide par un courant continu de grande intensité en ne disposant que de quelques volts.

C'est ainsi qu'il a pu faire passer dans une ampoule de 20^{mm} de diamètre environ, refroidie par un bain d'huile, un courant de 100 ampères avec 8 volts.

Cette découverte a la plus haute importance au point de vue pratique, car elle permet d'utiliser industriellement les tubes à vide que l'on pouvait croire confinés à jamais dans les laboratoires. Dès à présent, on a pu faire avec eux de nouveaux appareils d'éclairage intéressants à bien des points de vue et une nouvelle soupape électrique avec laquelle on redresse, dans les meilleures conditions de rendement, des courants alternatifs de toutes fréquences, même égale à 10⁴, résultat impossible à atteindre par tout autre moyen. Nous signalerons encore un exploseur qui interrompt et rétablit un courant au moins 10⁵ fois par seconde et, enfin, un interrupteur pour courants alternatifs, qui permet de les couper au moment précis où leur intensité est nulle.

Voici comment M. Cooper Hewitt a mis en évidence la propriété fondamentale de la cathode :

Il a pris un tube vertical ayant 30^{mm} de diamètre intérieur, muni de trois électrodes *a*, *b*, *c*, comme celui représenté sur la figure 2. Chacune de ces électrodes était constituée par une petite poche remplie de mercure où pénétrait un fil de platine, après avoir traversé le verre. La distance des électrodes *a* et *b* était de 37^{mm}, 5 et celle des électrodes *b* et *c* de 75^{mm}.

Ce tube ayant été soigneusement vidé d'air, il l'a amorcé au moyen d'un des procédés décrits plus haut et a fait passer

un courant continu entre les électrodes *a* et *c*, la première servant d'anode et la seconde de cathode.

Avec 72 volts seulement, le courant a acquis une intensité de 3,5 ampères. Son passage maintenait la surface de la cathode à l'état de désagrégation. Son mercure s'évaporait, mais se condensait sur les parois du tube et retombait à la partie inférieure; la cathode se reconstituait ainsi au fur et à mesure de sa destruction.

Dans ces conditions, il a mesuré successivement les voltages développés entre les électrodes *a* et *b* et entre les électrodes *b* et *c*, et les a trouvés respectivement égaux à 28 et à 44 volts.

Le rapport de ces voltages est voisin de celui des distances des électrodes *a*, *b* et *b*, *c*. Mais il en diffère, car il y a encore une chute brusque de voltage à la surface de chaque électrode. Ces chutes de voltage sont d'ailleurs peu importantes et leur somme est rarement supérieure à 14 volts.

Il a réuni alors les électrodes *b* et *c* par un circuit renfermant un galvanomètre et constaté le passage d'un courant de 1 à 2 centièmes d'ampère ayant une intensité du même ordre de grandeur que celle du courant qu'eût fait passer le même voltage entre les électrodes *c* et *d* de l'ampoule de la figure 1, lorsqu'un premier courant eût passé entre les deux autres. La presque totalité du courant continuait à passer entre les électrodes *a* et *c*.

Il a ensuite réuni l'électrode *b* à l'anode *a*. Aussitôt l'entrée du courant a sauté de l'anode *a* à la nouvelle anode *b*.

En intercalant, entre la source d'électricité et les anodes *a* et *b*, deux rhéostats à résistances variables, il a pu partager le courant entre les deux anodes,

dans une proportion quelconque : la portion du tube comprise entre les électrodes *a* et *b* se comportait comme une simple résistance.

Cette expérience démontre péremptoirement qu'une électrode en mercure n'offre que très peu de résistance au passage du courant, lorsqu'elle sert d'anode et qu'elle lui en oppose, au contraire, une très considérable, lorsqu'elle sert de cathode si sa surface ne se trouve pas maintenue à l'état de désagrégation continue par le passage d'un courant suffisamment intense, préalablement établi.

M. Cooper Hewitt a repris la même expérience en remplaçant le mercure par d'autres corps. Il a toujours obtenu les mêmes résultats, mais l'intensité du courant qui doit traverser la cathode *c* est d'autant plus grande qu'il s'agit de corps plus difficiles à désagréger d'une manière quelconque.

La *répugnance de la cathode* est donc une propriété générale : on peut toujours la surmonter en désagrégeant sa surface.

Le graphite est facile à désagréger : il se transforme en poussière. Il en est de même pour le potassium et le radium, mais leurs vapeurs attaquent rapidement le verre du tube. Quant aux sels, leur dissociation amène la production de vapeurs acides, qui attaquent l'anode.

Pratiquement, le mercure à l'état de pureté permet seul de constituer une cathode, dont on puisse maintenir constamment la surface à l'état de désagrégation et qui se reconstitue d'elle-même au fur et à mesure de sa destruction. Les vapeurs de mercure n'exercent aucune action nocive sur

les parois du tube ou sur l'anode, si elle est en fer comme celles qu'emploie M. Cooper Hewitt.

On peut donc constituer un tube à vide offrant une grande conductibilité au passage d'un courant continu, une fois qu'il a été amorcé, à la condition de lui donner une cathode en mercure et de le faire toujours traverser par un courant continu d'intensité suffisante pour que la surface de la cathode soit maintenue à l'état de désagrégation. L'anode peut être en mercure, en fer ou tout autre métal non attaqué par les vapeurs de mercure.

D'ordinaire, l'anode s'échauffe davantage que la cathode. Si on la fait en mercure, il y a un transport de métal de l'anode à la cathode opéré par voie de distillation et il faut interrompre de temps en temps le fonctionnement des tubes pour partager à nouveau le mercure entre les électrodes. On évite cet inconvénient en se servant d'anodes de fer.

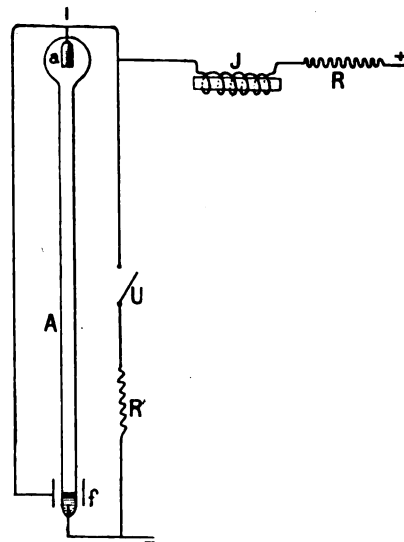
II. AMORÇAGE. — Tout tube à vide et à cathode de mercure doit être préalablement amorcé, c'est-à-dire que la cohésion diélectrique des gaz restant doit être détruite une fois pour toutes avant que l'on puisse lui faire produire un effet utile.

Un premier moyen consiste à lui faire supporter, pendant un temps court, un voltage suffisant développé par une source d'électricité capable de lui fournir, en même temps, un courant d'intensité assez grande pour amener la désagrégation immédiate de la surface de la cathode.

Cette source doit pouvoir fournir un grand débit d'énergie, mais seulement pendant un temps très court. Il était tout indiqué de la constituer avec une bobine de self-induction, qui restituerait brusquement l'énergie qu'elle aurait emmagasinée pendant un temps quelconque.

Aussi M. Cooper Hewitt a-t-il eu recours au dispositif suivant (voir fig. 3).

Fig. 3.



Soit *A* le tube que l'on veut amorcer, *a* son anode en fer et *c* sa cathode de mercure.

On relie l'anode au pôle + de la source d'électricité par l'intermédiaire d'une résistance *R* et d'une bobine de self-induction *J*.

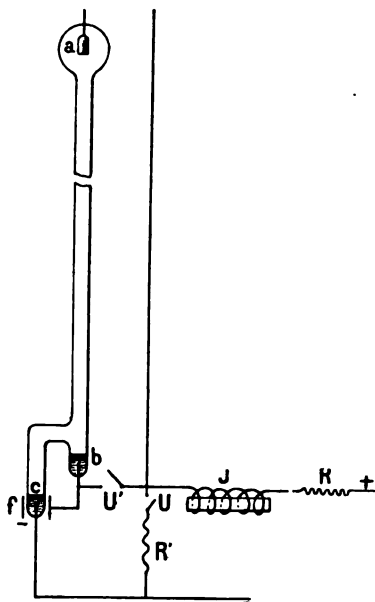
D'autre part, la cathode étant reliée au pôle - de la source, on établit une connexion, entre l'anode et la cathode, renfermant un interrupteur à huile et à action rapide *U* et une résistance *R'*.

Enfin, autour du tube et dans le voisinage immédiat de la cathode, on dispose une feuille d'étain f , que l'on relie à l'anode, on fait ainsi un petit condensateur dont les armatures sont formées par la feuille d'étain et le mercure de la cathode et qui est monté en dérivation entre les bornes de l'interrupteur. Quand on ouvrira celui-ci, l'extra-courant de rupture ira d'abord charger ce condensateur, au lieu de se frayer un passage à travers l'huile, ce qui augmentera la rapidité de l'action de l'interrupteur, comme dans les bobines de Rhumkorf.

Mais cette disposition a une efficacité toute spéciale dans le cas actuel. En effet, la charge du condensateur amène une variation brusque de la tension superficielle du mercure de la cathode. Il en résulte une violente agitation de cette surface qui est ainsi désagrégée, au moment même où la cohésion diélectrique du gaz est détruite.

L'expérience montre que la quantité d'énergie qu'il faut emmagasiner dans la bobine de self-induction J , pour déterminer l'amorçage, doit être environ cinq fois plus grande lorsque ce condensateur est supprimé que lorsqu'il est rétabli.

Fig. 4.



Pour amorcer le tube, on ferme l'interrupteur U . Un courant d'intensité constante finit par le traverser, après avoir emmagasiné une certaine quantité d'énergie dans la bobine de self-induction J . On ouvre alors l'interrupteur, ce qui provoque un véritable coup de bélier. Le voltage s'élève entre l'électrode et la cathode, jusqu'à ce qu'un courant franchisse le tube. Celui-ci est aussitôt amorcé et un courant d'intensité constante le traverse désormais. La résistance R sert à régler son intensité. La résistance R' sert à régler l'intensité du courant dans la bobine, avant la mise en route, et, par suite, la quantité d'énergie disponible pour l'amorçage.

Le voltage nécessaire est proportionnel à la longueur du tube A , mais croît très rapidement avec le degré de raréfaction des gaz, en tendant vers l'infini, lorsque le vide demeure absolu.

Pour éviter d'avoir à produire des voltages démesurés, M. Cooper Hewitt a fait des tubes ayant deux anodes, a et b , et une cathode, c , comme celui représenté sur la figure 4.

L'anode b est située aussi près que possible de la cathode de c . On relie les anodes a et b par un circuit contenant un interrupteur U' . Cet interrupteur étant fermé, on détermine, comme précédemment, l'amorçage entre l'anode b et la cathode c . Le tube devient conducteur sur toute sa longueur et une partie du courant passe par l'anode a . On ouvrira l'interrupteur U' et la totalité du courant passera par l'anode a . Dans ces conditions, pendant l'amorçage, on n'a à surmonter que la cohésion diélectrique de la colonne comprise entre les électrodes b et c , au lieu de celle de la colonne comprise entre les électrodes a et c .

Néanmoins, lorsque la raréfaction des gaz devient extrême et que, la lampe étant froide, la tension des vapeurs de mercure émises par la cathode est sensiblement nulle, le voltage nécessaire pour déterminer l'amorçage est encore énorme. Il faut alors avoir recours à la méthode suivante, connue d'ailleurs depuis longtemps :

On incline le tube de façon qu'un mince filet de mercure vienne joindre l'anode à la cathode et établisse un court-circuit. Le courant passe : dès qu'on redresse le tube, le court-circuit est interrompu, un arc jaillit à l'intérieur du tube et détermine son amorçage immédiat.

III. STABILITÉ DU FONCTIONNEMENT. — Si l'intensité du courant devient trop faible pour entretenir l'état de désagrégation de la cathode, elle reprend immédiatement sa répugnance.

Or, les expériences de MM. Wiedemann, Ruhlmann et Cantor ont montré qu'un courant traversant un gaz raréfié, lorsqu'il est fourni par une source à voltage constant, est toujours discontinu.

Il était donc nécessaire de forcer l'intensité à demeurer continue en faisant croître automatiquement le voltage aux bornes du tube, lorsque l'intensité diminuait et réciproquement. M. Cooper Hewitt y est arrivé en montant en série, avec chacun de ses tubes, une résistance ou une bobine de self-induction.

Au contraire, on rend impossible le fonctionnement d'un tube raréfié, si l'on dispose un condensateur de capacité appréciable entre ses bornes.

M. Robert de Valbreuze qui a fait, il y a environ deux ans, d'intéressantes recherches sur les tubes à vide, a reconnu, de son côté, la grande efficacité des bobines de self-induction pour les maintenir amorcés. Elles ont l'avantage de ne pas dépenser d'énergie.

Toutefois, pour des raisons qui seront exposées plus loin, M. Cooper-Hewitt joint à leur action celle d'une résistance ohmique.

IV. ÉTUDE SPÉCIALE DE LA CONDUCTIBILITÉ DES TUBES À VIDE ET À CATHODE DE MERCURE. — M. Cooper Hewitt, avec l'aide de M. Wills, a fait de nombreuses expériences sur la conductibilité de ces tubes. Il a d'abord étudié comment variait le voltage à l'intérieur d'un tube à vide, à cathode de mercure, à la surface des électrodes et le long de la colonne gazeuse.

Un premier point était déjà acquis : la présence de gaz raréfiés à l'intérieur du tube ne pouvait produire qu'un accroissement de résistance après l'amorçage. Aussi, les expériences n'ont-elles porté que sur des tubes où le vide avait été porté aussi loin que possible, et qui ne renfermaient plus que la vapeur de mercure émise par la cathode.

M. Cooper Hewitt avait aussi constaté que la chute de voltage, à la surface des électrodes, était presque indépendante de l'intensité du courant, qu'elle ne dépendait guère que de la température de ces surfaces et diminuait lorsque celle-ci augmentait.

MM. Cooper Hewitt et Willo ont opéré sur des tubes

à anode de fer. Une pince thermo-électrique, traversant le verre, passait à 1^{cm} environ de l'anode et un électromètre mesurait la chute de voltage entre l'anode et la vapeur située dans son voisinage immédiat.

On se servait d'un électromètre pour éviter l'action de la cathode sur le courant qui aurait dû traverser un voltmètre.

M. Wills a, en particulier, relevé, sur un tube de 19^{mm} de diamètre, les nombres suivants qu'il a publiés en août 1904 dans l'*Electrical Review* :

Intensité du courant en ampères.	Chute de voltage à la surface de l'anode en volts.	Température de l'anode. ° C.
1,25	6,25	123
1,75	5,8	143
2,25	5,4	172
2,75	5,1	200
3,25	4,6	243

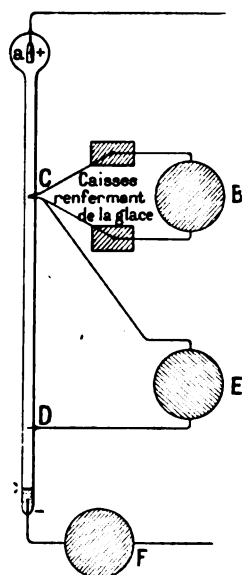
Il est impossible de faire la même expérience avec la cathode, à cause de l'état d'agitation continu de sa surface. Mais, en opérant sur des ampoules de grande section dont l'anode et la cathode étaient très voisines, et où la chute de voltage dans le milieu intermédiaire était négligeable, il était possible, en connaissant la chute de voltage entre les deux électrodes et la chute de voltage à l'anode, d'en déduire, par simple différence, la chute de voltage à la cathode.

On a trouvé, ainsi, que cette dernière chute était très sensiblement constante et égale à 5 volts.

MM. Cooper Hewitt et Wills ont ensuite recherché comment variait le voltage à l'intérieur d'un tube, en fonction de son diamètre, de la tension de vapeur de mercure qui y régnait et de l'intensité du courant qui le traversait.

Pour cela, ils ont pris des tubes de diamètres différents (voir fig. 5) dans lesquels pénétraient : 1° une pince ther-

Fig. 5.



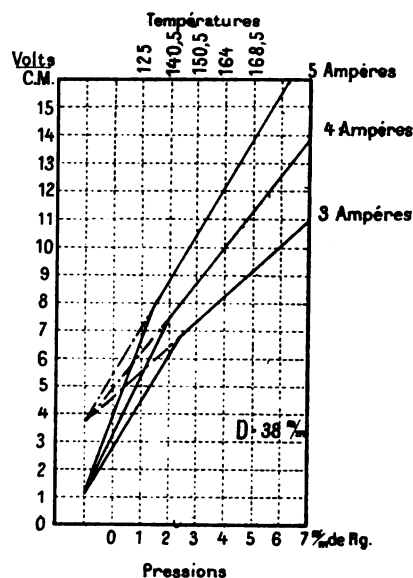
mo-électrique C et une pointe de platine D situées à une distance déterminée l'une de l'autre. La pince thermo-électrique C actionnait un galvanomètre B, dont la déviation donnait la température à l'intérieur du tube. On en déduisait la tension de vapeur du mercure au moyen des tables de lord Rayleigh. Un électromètre E mesurait le voltage entre

les points C et D. On faisait varier la température de la lampe, en la réchauffant extérieurement, et un ampèremètre F mesurait l'intensité du courant qui la traversait.

La colonne lumineuse ne remplit pas toujours complètement le tube. Elle cesse de le faire dès que la tension de vapeur a acquis une valeur déterminée. A partir de ce moment, son diamètre augmente avec l'intensité du courant et diminue lorsque la tension de la vapeur augmente.

Les diagrammes de la figure 6 représentent les résultats

Fig. 6.



observés sur un tube de 38^{mm} de diamètre. Ils montrent comment varie, pour ce tube, la chute de voltage par centimètre, en fonction de la tension de vapeur et de l'intensité du courant.

Ils se composent chacun de droites se coupant sous un angle obtus. La tension de vapeur Δ_1 au point d'intersection de ces deux droites est approximativement donnée par l'expression

$$\Delta_1 = \frac{\sqrt{J}}{\sqrt{D}},$$

où J représente l'intensité, exprimée en ampères, du courant qui traverse le tube et D le diamètre de ce dernier, exprimé en centimètres.

La discontinuité du phénomène s'explique aisément parce que, tant que l'on a $\Delta < \Delta_1$, la colonne lumineuse occupe toute la section du tube et que, pour $\Delta > \Delta_1$, elle n'en occupe qu'une partie.

Il est à remarquer que, pour un même tube, les droites appartenant à chacun des deux groupes de droites composant les diagrammes relatifs à des intensités différentes convergent en un point et que les deux points de convergence ont même abscisse.

Pour des tubes plus étroits, on trouve des diagrammes composés de droites semblables, mais qui se relèvent plus rapidement.

M. Wills a pu représenter les résultats observés par la formule suivante où X désigne la différence de potentiels nécessaire pour faire traverser par un courant de J ampères, 1^{cm} de longueur d'un tube de D^{cm} de diamètre, la tension de vapeur étant de Δ ^{mm} de mercure. Dans cette formule, α ,

b , c et d représentent des constantes

$$X = a \left(b + \frac{1}{\sqrt{J}} \right) \left(c + \frac{1}{\sqrt{D}} \right) \left(\Delta + \frac{2}{D} + \frac{1}{\sqrt{D}} \right) + d.$$

On a pour $\Delta < \Delta_1$,

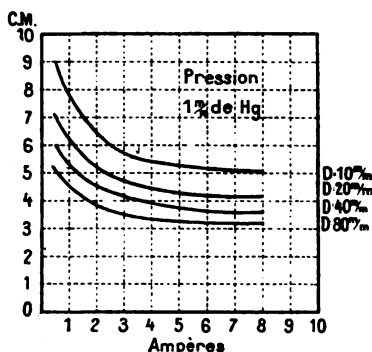
$$a = 0,545; \quad b = 0,775; \quad c = 1,71; \quad d = 0,100;$$

et pour $\Delta > \Delta_1$,

$$a = 0,150; \quad b = 0,398; \quad c = 0,122; \quad d = 0,370.$$

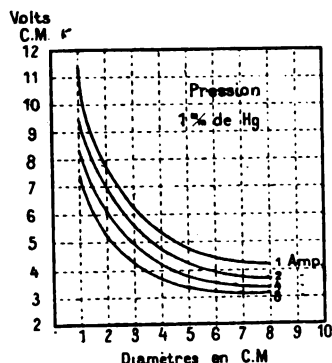
Cette formule montre que le voltage X est une fonction linéaire de la tension de vapeur Δ . Un tube conduit donc d'autant mieux que le vide y est plus grand.

Fig. 7.



Les figures 7 et 8 se rapportent au cas où la pression dans le tube est maintenue constante et égale à 1^{mm} de mercure.

Fig. 8.



La première montre comment varie le voltage par centimètre lorsque l'intensité du courant augmente, dans des tubes de diamètres différents. La seconde montre comment varie le même voltage, avec le diamètre du tube, pour des courants de diverses intensités.

Les diagrammes des figures 6, 7 et 8 sont des illustrations de la formule de M. Wills.

V. INFLUENCE D'UN CHAMP MAGNÉTIQUE SUR UN TUBE A VIDE ET A CATHODE DE MERCURE. — M. Hewitt a eu l'idée d'approcher un aimant d'un tube à vide et à cathode de mercure traversé par un courant. Il a constaté qu'une flamme, dirigée suivant les lignes de force, émanait alors de la tache brillante constituant la zone de désagrégation de la cathode : et

venait s'écraser contre les parois du tube, en un point où se manifestait un vif dégagement de chaleur.

Un phénomène très curieux s'est manifesté : la colonne lumineuse, qui continuait à aller de l'anode à la cathode, contournait cette flamme, en affectant la forme d'une hélice.

VI. PREMIÈRE APPLICATION DES TUBES A VIDE A CATHODE DE MERCURE : LAMPES DITES A VAPEUR DE MERCURE. — Le voltage nécessaire pour faire passer un courant dans un tube à vide, dont la cathode est en mercure, est d'autant plus petit, après l'amorçage, que la raréfaction du gaz a été poussée plus loin. Lorsqu'elle est extrême et que le tube est refroidi de manière que la vapeur de mercure émise par la cathode se condense immédiatement et ne vienne pas remplir le tube, le passage d'un courant de plus de 100 ampères ne se manifeste que par l'apparition d'une tache brillante à la surface de la cathode, à l'endroit où cette surface est désagrégée. La colonne gazeuse demeure obscure.

Si la raréfaction est poussée moins loin, le tube étant toujours refroidi, la résistance est plus grande, mais le tube s'illumine et sa couleur est caractéristique du gaz qu'il contient encore : rose si c'est de l'azote, violette si c'est de l'hydrogène.

Un tube où le vide a été poussé aussi loin que possible s'illumine aussi dès que l'on cesse de le refroidir et qu'il est envahi par la vapeur de mercure, et la lumière émise a la couleur verte du spectre du mercure.

On conçoit la possibilité d'user de semblables tubes comme appareils d'éclairage.

M. le Dr de Recklinghausen a fait les expériences suivantes : un tube à cathode de mercure primitivement rempli d'azote était plongé dans de la glace, il paraissait rose ; dès qu'on enlevait la glace, il était envahi par la vapeur de mercure et devenait vert. L'un des spectres de l'azote ou du mercure était toujours prépondérant. Il a substitué à l'azote divers gaz parmi ceux qui ne pouvaient attaquer les électrodes, en particulier l'argon et l'hélium. Le résultat a toujours été le même. Il semble donc que le courant demande de le transporter, suivant les cas, de préférence aux ions de l'un ou l'autre des gaz ou vapeurs qui remplissent le tube, au lieu de le demander à plusieurs d'entre eux à la fois.

Il a ensuite remplacé le mercure par un amalgame de potassium. Dans un tube vertical long de 1^m, la partie supérieure devenait rouge et la partie inférieure verte, le changement de couleur se produisant sur une longueur de 2^m environ. Quoi que l'on fasse, il est impossible de superposer pratiquement les spectres de corps différents dans des tubes à vide.

Comme on ne saurait maintenir une lampe électrique dans de la glace, si l'on veut employer des tubes à gaz raréfié et à cathode de mercure comme appareils d'éclairage, on doit accepter une lumière verte correspondant au spectre du mercure.

Elle a le grand défaut de dénaturer complètement les couleurs et de donner un aspect cadavérique aux personnes, mais elle est très reposante pour la vue et est très économique.

Les lampes normales de M. Cooper Hewitt ne consomment, en effet, que 0,45 watt par bougie en tenant compte de la perte d'énergie dans les résistances inductives qui les accompagnent. Toutefois, si l'on consent une perte de 25 pour 100 dans la lumière produite, on peut la mélanger de rayons rouges en enveloppant les lampes avec une étoffe de soie imprégnée d'une substance fluorescente, telle que la rhodamine. Dans ces conditions, les personnes recouvrent leur aspect naturel.

La lampe à vapeur de mercure, telle qu'elle est, peut rendre bien des services, quand des questions d'esthétique ne sont pas en jeu. Elle convient admirablement à l'éclairage des ateliers et des bureaux de dessin.

La nocivité des rayons rouges, aux points de vue physiologique et psychologique, est bien connue. Les ateliers de MM. Lumière, à Lyon, étaient primitivement éclairés à la lumière rouge et leur personnel, composé d'hommes et de femmes, était, paraît-il, ingouvernable. Ils ont trouvé une couleur verte non photogénique; ils l'ont substituée au rouge et, depuis ce temps, le calme le plus absolu règne dans leur établissement.

La lumière des lampes à vapeur de mercure possède les mêmes qualités calmantes tout en étant très photogénique; elle convient admirablement pour la Photographie.

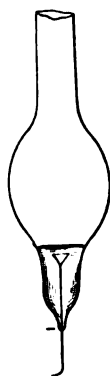
Les tubes de verre arrêtent les rayons ultra-violet, mais des artistes spéciaux ont réussi dernièrement à faire des lampes à vapeur de mercure en quartz, bien que sa température de fusion soit de 800° supérieure à celle du verre. Ces lampes fournissent tellement de rayons ultra-violet que l'on ne saurait les regarder longtemps sans danger pour les yeux, mais elles ont des usages médicaux et peuvent servir au traitement du lupus.

A égalité d'intensité de courant, la luminosité d'un tube augmente avec la tension de la vapeur de mercure qui le remplit, mais le voltage nécessaire pour faire passer le courant augmente plus rapidement avec cette tension, à partir d'une certaine limite. Il y a donc une tension de vapeur pour laquelle le rendement lumineux est maximum. Elle est voisine de 2^{mm} de mercure, correspondant à la température de 145°.

Le problème revenait à dimensionner la lampe, de manière que sa température intérieure se maintint d'elle-même aux environs de 145°. La température de nos habitations étant toujours voisine de 20°, il suffisait de régler convenablement sa surface de refroidissement.

M. Cooper Hewitt y est parvenu en disposant, autour de la cathode, une chambre de condensation de diamètre beaucoup plus grand que celui du tube, comme le montre la figure 9. C'est contre les parois de cette chambre que se

Fig. 9.



condense la majeure partie des vapeurs issues de la cathode et c'est à travers elles que se dissipe presque toute la chaleur.

On a soin de disposer du coton de verre au fond des tubes pour amortir les coups de marteau du mercure, si le tube venait à être culbuté. On peut arriver au même résultat en reliant les fils de platine qui traversent le verre à des coupelles en acier.

Ces dispositions paraissent avoir une très grande importance en pratique.

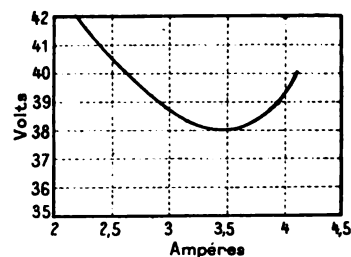
Toutes les lampes sont faites pour une intensité de 3,5 ampères. Ce chiffre ne saurait être dépassé, sans qu'il fallût prendre des dispositions assez coûteuses, pour assurer le passage du courant au travers des fils traversant le verre.

Avec une intensité plus faible, un courant d'air pourrait éteindre la lampe, en refroidissant trop sa cathode.

Le diamètre du tube a été déterminé par les considérations suivantes :

Faisons fonctionner une lampe dans une atmosphère à la température de 20° C. environ, et faisons-la traverser par des courants d'intensités successivement croissantes. Le voltage qu'il faudra développer entre ses bornes variera, en fonction de l'intensité, comme le représente la courbe de la figure 10.

Fig. 10.



Il passera par un minimum qui, toutes choses égales d'ailleurs, sera fonction du diamètre du tube.

On fera varier la surface de la chambre de condensation, de manière que la tension de vapeur soit à peu près de 2^{mm} de mercure, lorsque l'intensité sera de 3,5 ampères. Mais, pour que le régime de la lampe soit stable, le voltage nécessaire aux bornes de la lampe devra passer par un minimum, précisément pour cette intensité.

S'il en est ainsi, il suffira de monter une résistance en série avec la lampe, comme s'il s'agissait d'une lampe à arc, pour qu'un accroissement d'intensité amène une diminution de voltage et, par suite, tende à ramener l'intensité à sa valeur normale et réciproquement.

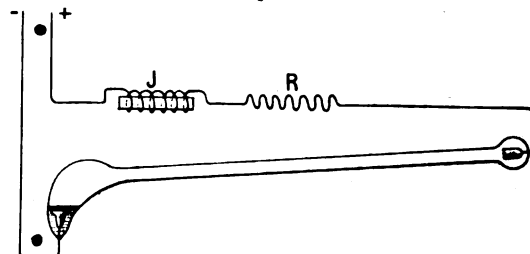
Le fonctionnement de la lampe sera alors parfaitement stable.

Il faut donc déterminer le diamètre du tube, de manière que la courbe de la figure 10 passe par un minimum, lorsque l'intensité du courant est de 3,5 ampères. Cette courbe se rapporte à une lampe destinée à fonctionner sous un voltage de 50 volts. Le résultat voulu est obtenu avec une grande approximation, mais on perd, dans la résistance, un grand nombre des volts disponibles, soit 22.

Cela n'empêche pas le rendement industriel de cette lampe d'être très élevé, la consommation totale d'énergie n'étant que de 0,45 watt par bougie.

Afin de donner au fonctionnement de ses lampes la stabilité nécessaire, M. Cooper Hewitt les a accompagnées simultanément d'une résistance et d'une bobine de self-induction.

Fig. 11.

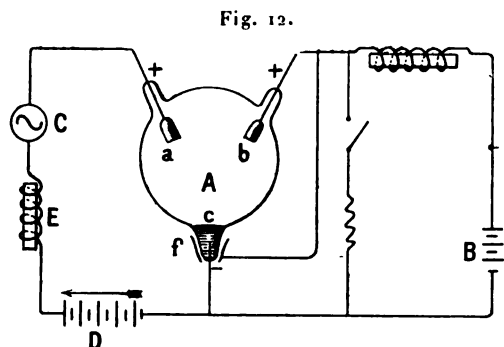


La self-induction sert à empêcher les variations brusques de courant qui tendent toujours à se produire dans les tubes à vide. La résistance sert à maintenir à la valeur voulue l'intensité normale du courant qui traverse la lampe.

L'une de ces lampes est schématiquement représentée sur la figure 11. On les amorce en les inclinant et en établissant ainsi un court-circuit momentané entre l'anode et la cathode.

VII. DEUXIÈME APPLICATION DES TUBES A VIDE ET A CATHODE DE MERCURE. SOUPAPE ÉLECTRIQUE. — Une cathode ne peut laisser passer un courant que si sa surface a été préalablement désagrégée. Cette propriété permet de réaliser une soupape électrique, c'est-à-dire un circuit à travers lequel une force électromotrice alternative ne peut faire passer que des courants d'un sens déterminé.

Considérons, par exemple, la disposition suivante (voir fig. 12) :



Une ampoule A est munie d'une cathode *c* en mercure et de deux anodes *a* et *b* en fer, mais qui pourraient aussi être en mercure.

Faisons passer un courant continu entre l'anode *b* et la cathode *c*, par les procédés ordinaires. Ce courant sera fourni par une batterie B qui n'aura à développer que 14 volts entre les électrodes *b* et *c* et produira seulement un courant d'intensité suffisante, 3,5 ampères par exemple, pour maintenir la surface de la cathode *c* à l'état de désagrégation.

Faisons agir en même temps une source de force électromotrice alternative *e* entre les électrodes *a* et *c*.

Lorsque le courant tendra à aller de l'électrode *a* à la cathode *c*, il n'aura à subir qu'une chute de voltage de 14 volts. Il passera donc si la source *c* développe un voltage supérieur.

S'il tend, au contraire, à aller de *c* en *a*, l'électrode *a* jouera le rôle de cathode. Sa répugnance n'étant pas détruite par une désagrégation superficielle préalable, elle s'opposera au passage du courant.

Le circuit comprenant la source de force électromotrice *E* sera le siège d'un courant toujours de même sens, qui pourra charger une batterie d'accumulateurs *D*, développant une force contre-électromotrice bien supérieure à la force électromotrice de la batterie *B*. En même temps, l'intensité du courant, qui la chargera, pourra être bien plus grande que 3,5 ampères.

Enfin, si nous intercalons une bobine de self-induction *E* dans ce circuit, nous pourrions rendre très sensiblement continue l'intensité du courant.

Cet appareil permet donc de faire produire un courant continu par un alternateur. Mais l'alternateur ne travaille alors que pendant la moitié du temps. On évite cet inconvénient comme il suit :

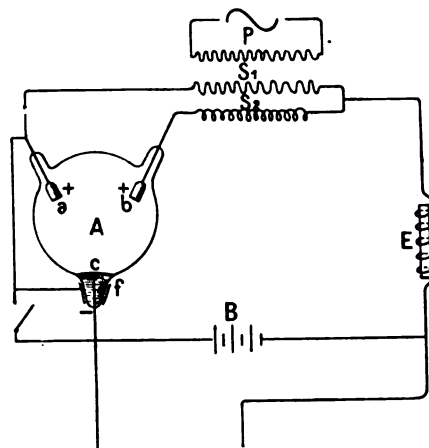
Un alternateur (voir fig. 13) alimente le circuit primaire *P* d'un transformateur muni de deux circuits secondaires *S*₁ et *S*₂ ayant le même nombre de spires du même fil, mais enroulés l'un à gauche, l'autre à droite.

Les points d'entrée de ces circuits sont individuellement reliés aux deux anodes *a* et *b* de l'ampoule A. Leurs points de sortie sont réunis et servent de point de départ au circuit extérieur, que l'on veut faire traverser par un courant

continu. Ce circuit aboutit à la cathode *c*. Il doit contenir une bobine de self-induction *E*.

On monte en dérivation, entre les conducteurs d'aller et de retour de ce circuit, une batterie d'accumulateurs *B* qui sert à amorcer l'ampoule. De cette manière, l'alternateur débite un courant alternatif et rien n'est changé à son fonctionnement. Le courant secondaire traverse successivement l'un et l'autre des circuits secondaires.

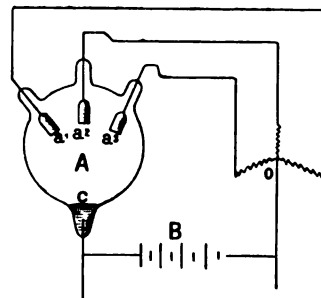
Fig. 13.



Une fois l'appareil mis en route, on peut supprimer la batterie *B*, la bobine de self-induction *E* suffisant pour empêcher le courant de s'annuler avec la force électromotrice développée dans les circuits secondaires.

Lorsqu'il s'agit de redresser des courants triphasés, M. Cooper Hewitt emploie une ampoule A qui a trois anodes *a*₁, *a*₂, *a*₃ et une cathode de mercure *c* (voir fig. 14). Le transfor-

Fig. 14.



mateur a ses circuits secondaires montés en étoile. Leurs trois points d'entrée sont individuellement reliés aux anodes *a*₁, *a*₂, *a*₃. Le circuit à courant continu est branché entre le point neutre *O* et la cathode *c*. Une batterie d'accumulateurs *B* sert à opérer l'amorçage de l'ampoule, comme dans les cas précédents.

Ici, il n'est plus besoin d'une bobine de self-induction pour maintenir l'appareil amorcé, une fois que la batterie a été supprimée. En effet, les courants débités par les trois circuits du transformateur ne s'annulent jamais simultanément; d'autre part, la self-induction des circuits d'armature de l'alternateur suffit pour empêcher toute variation brusque de l'intensité des courants.

M. Cooper Hewitt a réussi à faire des redresseurs de ce système capables de débiter un courant continu de 30 am-

pères sous 500 volts et dont le rendement s'élève à 98 pour 100. Tout fait espérer que ces résultats seront de beaucoup dépassés dans l'avenir, lorsqu'on aura définitivement réussi à remplacer les ampoules en verre par des ampoules métalliques.

Les services que rendront ces appareils, lorsqu'ils seront devenus tout à fait industriels, seront immenses.

Ils permettent, en effet, de redresser des courants ayant la fréquence de ceux de Hertz, c'est-à-dire des courants capables de transmettre de l'énergie à distance, par induction, à travers l'air. Il serait donc possible de transmettre de l'énergie sans fil au lieu de transmettre seulement des messages. En supposant que cela ne puisse se faire qu'à petite distance, il serait déjà fort intéressant de pouvoir transmettre de l'énergie à des voitures automobiles, au moyen d'une simple ligne parallèle à la route, par induction et sans aucun contact direct.

Ces appareils permettraient enfin de redresser des courants alternatifs, sans se servir de collecteur ce qui constituerait un grand progrès pour l'industrie électrique.

VIII. TROISIÈME APPLICATION DES TUBES VIDES ET A CATHODE DE MERCURE. EXPLOSEURS. — Pour produire des courants de haute fréquence, on ne peut se servir d'alternateurs et l'on doit avoir recours aux phénomènes de décharge oscillante.

Il y a alors le plus grand intérêt, surtout si l'on veut mettre à profit les phénomènes de résonance électrique, à restituer au condensateur qui se décharge, au bout de chaque demi-période de courant, l'énergie qu'il vient de fournir. En opérant ainsi, on peut obtenir des courants dont l'intensité efficace soit toujours constante, et dont les variations d'intensité, pendant la durée de chaque demi-période, suivent très sensiblement la loi sinusoïdale.

Que faut-il pour cela? un exploseur doué des propriétés suivantes :

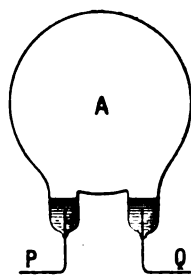
1° Un arc ne pourra jaillir entre ses électrodes que lorsqu'un voltage élevé et toujours le même aura été développé entre elles. Le condensateur branché entre ces électrodes aura alors une charge élevée et bien déterminée chaque fois que l'arc jaillira.

2° Aussitôt l'arc éclaté, le voltage qu'aura à surmonter le courant pour passer devra être aussi petit que possible et très faible par rapport à celui qui aura déterminé l'amorçage.

3° L'exploseur devra se désamorcer instantanément lorsque l'intensité du courant qui le traversera passera par zéro.

M. Cooper Hewitt a réalisé un semblable exploseur de la manière la plus simple. Il se compose d'une ampoule A munie de deux électrodes en mercure identiques P et Q (voir fig. 15).

Fig. 15.



Le voltage nécessaire pour faire jaillir un arc entre ces électrodes est d'autant plus grand que le vide a été poussé plus loin dans l'ampoule. Il est facile de le rendre égal à 10000 ou 20000 volts. Si l'appareil est refroidi par un bain d'huile de manière que les vapeurs de mercure ne puissent envahir l'ampoule, ce voltage demeurera toujours le même.

Une fois l'amorçage obtenu, le courant n'a plus qu'un voltage de 14 volts à surmonter.

Enfin, lorsque le courant s'annule, la surface de la cathode cesse d'être désagrégée et elle reprend presque instantanément sa répugnance.

M. Cooper Hewitt a pu obtenir de cette manière des courants alternatifs parfaitement réguliers ainsi que le révélait un miroir tournant dont la fréquence atteignait 100000. Rien ne lui a fait supposer que cette fréquence ne pût être dépassée dans les mêmes conditions.

Cet appareil doit donc permettre de produire industriellement, et avec un très bon rendement, des courants alternatifs de haute fréquence, d'allure aussi régulière que ceux fournis par les alternateurs. La fréquence 10^5 est beaucoup trop faible pour qu'on puisse transmettre sans fil de l'énergie à grande distance, mais permet de la transmettre, par induction, à quelques mètres d'une ligne parcourue par un courant de haute fréquence.

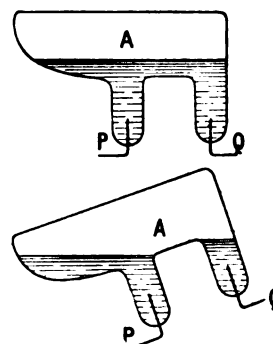
On a reconnu expérimentalement la possibilité de transmettre un courant de haute fréquence à grande distance le long d'une ligne électrique, sans déterminer de surtensions dangereuses. Il suffit, pour cela, de disposer, de distance en distance, des bobines de self-induction montées en dérivation entre les conducteurs d'aller et de retour, en les dimensionnant de manière que l'énergie qu'elles emmagasinent, quand la ligne est parcourue par un courant de la fréquence voulue, soit égale à celle qui est emmagasinée dans la capacité des conducteurs d'aller et de retour.

La soupape électrique que nous avons décrite tout à l'heure nous donne le moyen d'utiliser les courants ainsi transmis dans nos moteurs actuels, en les transformant d'abord en courants continus.

IX. QUATRIÈME APPLICATION DES TUBES A VIDE ET A CATHODE DE MERCURE. INTERRUPTEUR POUR COURANTS ALTERNATIFS. — Une application plus modeste, mais immédiate, a été faite de l'appareil précédent.

Lorsqu'un alternateur dessert une ligne ayant de la capacité, il y a toujours une certaine quantité d'énergie qui est, emmagasinée tantôt dans la ligne, tantôt dans l'alternateur et s'échange constamment entre eux. Une ligne peut demeurer indéfiniment chargée, sans qu'aucun courant ne la traverse. L'interruption du courant dans une ligne ne déterminera donc pas la consommation immédiate de l'énergie

Fig. 16.



qu'elle contient. Au contraire, l'énergie emmagasinée dans un alternateur, par suite de la self-induction de ses circuits d'armature, devra s'annuler avec l'intensité du courant. Si l'on vient à couper ces circuits, à un moment où cette intensité n'est pas nulle, l'énergie qu'ils auront emmagasinée se dégagera brusquement sous forme explosive.

Il y a donc un intérêt majeur à n'employer que des inter-

rupteurs coupant le circuit au moment précis où l'intensité du courant passe par zéro.

On constitue un semblable interrupteur avec l'exploseur de M. Cooper Hewitt, auquel on donne la forme représentée sur la figure 16.

A l'état normal, les deux électrodes sont mises en court-circuit par le mercure.

Pour interrompre le courant, on culbute l'ampoule de manière à rompre le court-circuit. Un arc s'amorce et le courant n'a que 14 volts à surmonter pour passer. Mais, dès que son intensité devient nulle, l'électrode qui devrait ensuite jouer le rôle de cathode recouvre toute sa répugnance et le courant ne peut se rétablir.

X. RÉSUMÉ. — Nous sommes heureux d'avoir pu appeler l'attention sur les travaux de M. Cooper Hewitt.

Il a montré que, contrairement à une opinion répandue, un tube à vide conduisait d'autant mieux le courant électrique que le vide y avait été poussé plus loin, une fois ce tube amorcé. C'est seulement l'amorçage qui devient de plus en plus difficile, lorsqu'on veut le déterminer avec une simple différence de potentiels et que le vide devient très grand. Mais on y arrive toujours avec la plus grande facilité en établissant un court-circuit momentané dans le tube. L'arc qui jaillit dans le tube, au moment de la rupture du court-circuit, détermine toujours son amorçage quel que soit le degré de vide.

Enfin, M. Cooper Hewitt a découvert cette propriété nouvelle des cathodes qu'il a appelée *répugnance* et a donné les moyens de la surmonter.

Les tubes à vide paraissent, dès maintenant, appelés à rendre les plus grands services industriels. Non seulement on peut faire avec eux des appareils d'éclairage intéressants, mais il est probable que, dans l'avenir, en suivant la voie ouverte par M. Hewitt, on pourra les appliquer à la production et à l'utilisation industrielles des courants de haute fréquence, avec lesquels on pourra, nous l'espérons, résoudre des problèmes nouveaux relatifs à la transmission de l'énergie qui ne sauraient l'être avec les moyens dont nous disposons aujourd'hui.

Sur les lampes à incandescence, par BAINVILLE (Conférence faite à la séance du 3 mai 1905 de la Société internationale des Electriciens). — M. Bainville examine d'abord les lampes à filament de charbon dont le rendement lumineux est de 3 pour 100 d'après des expériences faites en Amérique. Le filament de charbon jouit des propriétés suivantes : son prix est peu élevé (0^r,01 à 0^r,02 par filament), sa résistivité est élevée; il est infusible, rigide à haute température et ne s'électrolyse pas. Sa résistance à la traction est de 3^r à 4^r par millimètre carré. On sait que l'on renforce le charbon par le dépôt d'un carbone brillant, gris d'argent, qui augmente le rendement lumineux. La température du filament éclairant est de 1500° C. à 1600° C. En augmentant cette température, on fait facilement la lampe de 110 volts ne consommant que 2,5 watts par bougie. Le noircissement de l'ampoule dans une lampe à filament de charbon représente une absorption de 30 à 70 pour 100 de la lumière. Pour une même variation de la tension, on trouve que la variation d'éclat d'une lampe à 2,5 watts par bougie est moindre que celle d'une lampe de 3,5 watts par bougie. D'après M. Bainville, si les lampes à 220 volts sont actuellement moins bonnes que celles à 110 volts, cela tient à ce que ces lampes ont été insuffisamment étudiées, car elles sont peu demandées.

Dans le but d'augmenter le rendement lumineux, on a essayé d'incorporer dans le charbon des oxydes terreux; mais on n'a obtenu aucun résultat par suite de la réduction des oxydes en présence du carbone. Les essais avec filaments

en silicium, en bore ou en carbures n'ont pas abouti d'ailleurs.

M. Bainville fait la description bien connue de la lampe Nernst. Le brevet principal de Nernst date d'août 1897. Le filament est constitué par un mélange de zircone et d'oxydes d'erbium et d'yttrium que l'on file à la presse. Les filaments minces sont pleins, les gros sont creux, car on a reconnu que dans les gros filaments pleins la matière centrale peut entrer en fusion. La cuisson des filaments se fait au chalumeau oxyhydrique. On constate que, sous l'influence des allumages et des extinctions répétées, la matière du filament se fendille. La résistance en fil de fer dans une atmosphère d'hydrogène absorbe 15 volts à 20 volts selon la tension de la lampe 110 volts à 220 volts. D'après des expériences faites sur des lampes de 1 ampère et 200 volts, la durée utile moyenne d'un brûleur est de 300 heures; mais elle est très variable, les limites sont de 200 heures à 1250 heures. La consommation spécifique rapportée à l'intensité lumineuse moyenne sphérique est 2,2 watts par bougie. Le rendement est 4,61 pour 100 au début, 4,30 pour 100 après 20 heures d'allumage, 4,17 pour 100 après 40 heures et 3 pour 100 après un allumage prolongé. Après 20 heures, le filament prend un état cristallin. La lampe Nernst ne souffre pas la médiocrité; sa construction doit être très soignée.

La lampe à osmium brevetée par Auer en janvier 1898 commence à être employée en Allemagne et en Autriche. A Berlin, on estime à 20000 le nombre de ces lampes en service. L'osmium fond à 2500° C; sa densité est 22,5. Les filaments sont très délicats à fabriquer, car l'osmium ne se prête pas à l'étirage. On doit l'agglomérer avec du charbon et passer à la filière. Un des inconvénients de ce filament est sa déformation facile; il s'incurve très rapidement. La résistance augmente rapidement avec la température; c'est ainsi qu'une augmentation de 10 pour 100 ne crée qu'une augmentation de 6,5 pour 100 dans l'intensité. Dans les mêmes conditions, avec le tantale, l'augmentation d'intensité est de 8 à 9 pour 100. La lampe à osmium a à peu près la même consommation que celle au tantale, soit 1,8 watt par bougie décimale. Les lampes de 25 bougies, 40 volts, présentées par M. Bainville, possèdent deux filaments en série; le diamètre d'un filament est de 0^m,087. La température atteinte pendant le fonctionnement serait de 100° inférieure à la température du filament de carbone. Les tensions courantes de la lampe à osmium seraient actuellement 45 volts pour 10 bougies, 47 volts pour 16 bougies, 62 volts pour 25 bougies, 76 volts pour 35 bougies.

A la suite de la communication de M. Bainville, M. GUILLAUME vient donner des renseignements intéressants sur le rendement lumineux d'une façon générale. D'après M. Guillaume, le rendement 3 pour 100 indiqué pour la lampe à filament de charbon serait beaucoup trop élevé. Cela provient de ce qu'on emploie pour cette mesure une méthode fautive, celle de l'absorption par l'eau. M. Guillaume a proposé une méthode beaucoup plus rigoureuse, basée sur l'intégration de la courbe des radiations en fonction des différentes longueurs d'onde et il a trouvé ainsi un rendement de 0,5 pour 100 seulement pour la lampe à filament de charbon.

L. J.

BREVETS RÉCENTS.

Lampes à incandescence : Lampes à filament :
FRANCIS. BP. 1106, 1904. — GUEST. USAP. 782749, 14 mai 1904.
— REGNART AND HUNTER ELECTRIC CANDLE LAMP COMPANY. BP. 20010 et 28608, 1904. — SCHOLFIEN. DRP. 159096, 30 sept. 1904 (lampe à filament métallique). — SCHWABE. BP. 28722, 28723, 28724 et 29051, 1904. — SEVE. BF. 318127, 19 nov. 1904 (lampe électrique portative pour pianos).

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

Les progrès récents de l'électrochimie, par CHAUMAT (Conférence faite à la séance du 2 mai 1905 de la Société française de Physique). — M. Chaumat traite exclusivement des applications récentes du four électrique qui doit son emploi en électrometallurgie aux rendements élevés qu'il permet d'obtenir. Au contraire les rendements des traitements par voie purement chimique sont en général très faibles (la réduction de l'oxyde de zinc par le charbon, par exemple, ne donne qu'un rendement de 1,8 pour 100 en ce qui concerne la consommation en charbon).

Dans toutes les applications du four électrique, sauf pour l'industrie de l'aluminium, on ne demande au courant électrique qu'une production de chaleur; aussi peut-on alimenter à volonté avec le courant continu ou avec le courant alternatif. Outre les avantages reconnus, température élevée, bonne utilisation de la chaleur, le four électrique se prête très bien aux opérations métallurgiques en permettant la fusion des scories et leur séparation, en étant d'un réglage très facile et enfin en ne produisant pas une atmosphère oxydante.

Après avoir donné la classification connue des fours (à arc, à résistance, à résistance superficielle et à induction) M. Chaumat indique leur emploi.

Les fours à arc conviennent bien à l'affinage des masses métalliques. Ceux à résistance sont employés pour la réduction des minerais. Quand la masse est trop peu résistante, on emploie les fours à résistance superficielle, dans lesquels on se sert comme résistance du laitier plus résistant qui se trouve à la surface du bain.

Une question très importante en pratique est celle des matériaux des fours. Le plus généralement, c'est le charbon que l'on emploie. Dans la métallurgie du chrome on utilise des briquettes en minerais chromés; dans celle de l'acier, des briquettes en dolomie. Les électrodes sont toujours en charbon obtenu comme on sait en mélangeant du coke, de l'anthracite, etc., à l'état pulvérisé avec du brai, en moulant sous forte compression et en cuisant progressivement jusqu'à 1200° C. pendant 8 jours. La durée et la conductibilité des charbons dépendent surtout du degré de compression. Mais les charbons les meilleurs sont encore les charbons graphitisés. M. Chaumat rappelle à ce propos le procédé de graphitisation de Girard et Street dans lequel on utilise l'arc, puis celui qui consiste à porter à haute température à l'aide d'un courant de 30 ampères par centimètre carré, la pièce en charbon à graphiter que l'on enferme dans du poussier de charbon.

Les meilleurs résultats sont obtenus avec des charbons renfermant 2 pour 100 de silice ou d'acide borique, ou de fer, ou encore de toute autre substance capable de donner un carbure qui se dissocie ensuite laisse le carbone sous forme de graphite. C'est là la théorie de la graphitisation. En général on part d'un mélange de 97 de charbon et de 3 d'oxyde de fer. Alors que la densité du carbone amorphe est 1,5 à 1,9, celle du charbon graphitisé est 2,25. Les électrodes ainsi obtenues ne renferment pas plus de 0,001 d'impuretés et pas d'hydrocarbures.

Elles sont très résistantes au chlore (leur durée est dans ce cas six fois plus grande que celle des électrodes à carbone amorphe). Pour retarder la désagrégation de ces électrodes, on les paraffine. Ces électrodes sont également beaucoup plus résistantes à l'oxygène, car, le carbone amorphe brûlant à 370°-385°, le carbone graphitique ne brûle qu'à 660°. La résistivité du premier charbon est de 3200 microhms-cm, celle du second est de 700-850 microhms-cm.

Pour cette raison peut-on employer avec le charbon graphitique des densités de courant allant jusqu'à 20 ampères par centimètre carré. Enfin, avantage très précieux, le charbon graphitique se travaille très bien au tour.

Examinant les applications récentes du four électrique, M. Chaumat parle d'abord de l'industrie des corps durs. On obtient le carborundum en partant d'un mélange de 60 de sable, 40 de coke pulvérisé auxquels on ajoute du sel marin comme fondant et de la sciure de bois pour donner de la porosité à la masse. On tasse la matière dans le four et l'on fait passer dans cette résistance un courant qui amène la température à 3500° environ. On retire une masse cristalline de carborundum SiC. En mélangeant ce produit avec 30 pour 100 d'argile, on constitue des meules. On l'utilise également dans la fabrication de l'acier à la place du ferrosilicium, car il ne renferme ni soufre ni phosphore.

Le siloxicon, découvert en 1903 par Acheson, s'obtient à une température plus basse, 2500°-2800°. Il convient très bien pour le garnissage des fours dans les opérations métallurgiques. On fait passer un courant d'hydrogène sur du kaolin chauffé au four et il en résulte un sous-silicate d'alumine fondu.

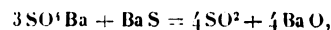
Le corindon s'obtient en faisant fondre l'alumine au four électrique.

Une deuxième classe de produits est celle des composés alcalino-terreux. Indépendamment du carbure de calcium très connu, on fabrique depuis 1899 les siliciures de calcium CaSi_2 , de strontium SrSi_2 et de baryum BaSi_2 . On les obtient en réduisant au four par le charbon les oxydes, carbonates, etc. de ces alcalino-terreux, mélangés à de la silice en proportion exactement calculée. La température doit être plus élevée que pour l'obtention du carbure de calcium. Ces siliciures sont blancs; ils s'oxydent lentement à l'air et décomposent l'eau. Le siliciure de calcium décompose celle-ci à chaud et donne 116g d'hydrogène par kilogramme de siliciure. Avec le siliciure de baryum la décomposition a lieu à froid et l'on obtient 571 d'hydrogène par kilogramme. C'est actuellement le moyen le plus pratique d'obtenir l'hydrogène.

M. Chaumat parle, en passant, de l'oxylithe, qui constitue actuellement le procédé le plus commode d'obtention de l'oxygène. Ce produit est un peroxyde de sodium que l'on obtient en faisant passer sur le sodium fondu (préparé par électrolyse de la soude caustique fondue) un courant d'air sec et chaud. En projetant cet oxylithe dans l'eau froide, on produit un dégagement de 1001 d'oxygène par kilogramme de produit. Le poids de matière est ainsi, à égalité d'oxygène obtenu, moindre que dans l'emploi des tubes à oxygène comprimé dont le poids mort est dix fois plus grand que celui de l'oxygène renfermé.

Le siliciure de calcium traité par l'acide chlorhydrique donne un dégagement de Si^2H_2 , le siliciure d'hydrogène. Fondus avec du fer renfermant du phosphore et du soufre, les siliciures alcalino-terreux éliminent complètement ces impuretés.

Une troisième industrie très importante est celle des sels de baryte. Le procédé purement chimique qui consiste à chauffer le sulfate de baryte avec du charbon pour obtenir le sulfure ne permet de transformer que 70 à 75 pour 100 du sulfate. Au four électrique, on transforme 97 à 99 pour 100 du sulfate et, de plus, on produit la réaction



de sorte qu'il suffit de lessiver la masse qui renferme 60 BaO et 40 BaS pour obtenir directement la baryte cristallisée. Par ce procédé, le prix de la baryte s'est abaissé au quart de sa valeur antérieure.

Dans une quatrième classe de produits, M. Chaumat parle de la métallurgie du fer et de ses dérivés. Dans les hauts fourneaux ordinaires, on compte une dépense de 1° de charbon par tonne de fonte obtenue, alors que 350° seulement de charbon sont utilisés pour la réduction. Or, d'après Keller, au four électrique on peut produire 1° de fonte par

kilowatt-an de 8400 heures. En appelant K le prix de revient du kilowatt-an et en comptant la tonne de coke à raison de 20^{fr} à l'usine métallurgique et de 35^{fr} à l'usine hydroélectrique, il est évident que, pour avoir intérêt à employer le four électrique, il faudra que l'on ait l'équation

$$\frac{K}{4} + 35 \frac{350}{1000} \leq 20, \quad \text{d'où} \quad K \leq 32.$$

Or il faut réaliser des conditions tout à fait exceptionnelles pour avoir un prix de revient du kilowatt-an inférieur à 32^{fr}. Aussi existe-t-il un seul exemple d'une telle installation, c'est un haut fourneau électrique Keller installé en Bretagne.

Pour la fusion et l'affinage d'une tonne d'acier, Keller estime la dépense à 850 kilowatts-heures. Avec un four Héroult, on peut obtenir 6 à 7 tonnes d'acier par 24 heures. Les fours à induction dans lesquels le métal lui-même forme le circuit secondaire d'un transformateur conviennent pour la fabrication des aciers extrêmement purs, l'absence d'électrodes empêchant toute introduction d'impuretés. Cependant, à cause des fuites magnétiques, la dépense est plus grande avec ces fours.

D'après Keller, le prix de revient d'une tonne d'acier est de 100^{fr} en partant de minerais riches et peu coûteux. En Allemagne, le prix de la tonne a été évalué à 200^{fr}. Enfin, d'après Goldschmidt, on arriverait au prix de 215^{fr} la tonne à l'aide des fours à induction. Ces prix montrent la possibilité de concurrencer avec les fours électriques les aciers au creuset dont le prix de revient actuel est de 375^{fr} la tonne.

Les fours électriques sont appropriés aussi à la fabrication des fontes spéciales : le ferromanganèse, le ferrosilicium, le ferrochrome, le ferrotungstène. Le ferromanganèse se fabrique aux hauts fourneaux ordinaires ; mais, pour le ferrosilicium, on n'atteint ainsi que très difficilement des teneurs de 10 à 15 pour 100 en silicium, tandis qu'au four électrique ces teneurs s'élèvent de 20 à 80 pour 100. On l'obtient en traitant au four électrique un mélange de quartz, de déchets de fer et de coke ou anthracite. Une tonne de ferrosilicium à 30 pour 100 exige 3500 kilowatts-heures.

Pour obtenir le ferrochrome, on part du fer chromé, comme minerai de chrome, mélangé à l'anthracite. La teneur du ferrochrome est de 60 pour 100 en chrome et 2 à 10 pour 100 en carbone.

On fait enfin des ferrotungstènes de 80 à 85 pour 100 de tungstène et qui servent dans la fabrication des aciers pour ressorts, aimants, outils. Un acier à 0,5 pour 100 de tungstène ne se détrempe pas même au rouge sombre.

La dernière application du four électrique décrite par M. Chaumat est la fabrication des mattes cuivreuses de 40 à 50 pour 100 de cuivre dans les pays où le charbon est très cher et où l'on dispose de chutes d'eau. Au four électrique, on a pu obtenir du premier coup des mattes à 47,9 pour 100 de cuivre. Avec un four à réverbère, la dépense de coke est de 3,2 tonnes par tonne de cuivre dans la matte. En comptant le coke à 100^{fr} la tonne rendue à la mine, la dépense est donc de 320^{fr}. Or, d'après la Commission qui a examiné ce cas particulier, la dépense au four électrique serait de 10 640 kilowatts-heures, par tonne de cuivre, soit une dépense de 38^{fr}, à laquelle il faut ajouter une dépense de 75^{fr} d'électrodes à 600^{fr} la tonne, c'est-à-dire une dépense totale de 83^{fr}. L'économie serait donc de 250^{fr} environ par tonne de cuivre en employant le four électrique. L. J.

Expériences sur l'oxydation de l'azote au moyen de l'arc électrique, par G. PIAGGIO (*L'Elettricista*, t. XIII, p. 249, 15 septembre 1904). — La décharge est produite entre deux électrodes de cuivre placées verticalement ; l'électrode

supérieure est terminée par un disque horizontal, l'électrode inférieure par une pointe. La longueur de l'arc peut varier de 1^{cm} à 6^{cm}. L'ensemble est fixé à l'intérieur d'un tube dans lequel on peut faire varier la pression. — La détermination quantitative des produits d'oxydation de l'azote est obtenue en faisant passer les gaz dans une solution titrée de potasse. — Partant de courant de très faible intensité, la production augmente rapidement avec l'intensité puis semble atteindre une valeur constante pour chaque longueur d'arc indépendamment du courant. Cette valeur constante est à peu près atteinte entre 0,10 et 0,15 ampère.

Si l'on construit les courbes obtenues en portant les watts en abscisses et les quantités de produits oxydés en ordonnées, on constate que le meilleur rendement correspond aux arcs les plus longs.

Si l'on augmente la pression, le rendement augmente ; ceci se pourrait expliquer par la quantité d'air proportionnellement plus grande soumise à l'arc. Toutefois l'augmentation de production n'est pas proportionnelle à la pression, elle croît moins vite. G.

Recherches sur la façon dont se comporte le sulfure de cuivre au point de vue électrolytique, par G. BODLANDER et CASIMIR S. IDASZEWSKI (*Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. XI, p. 161, 24 mars 1905). — Voici quelles sont les conclusions des travaux de ces auteurs : 1° Le sulfure de cuivre Cu²S fond à 1091°C. Il se mélange au cuivre à l'état liquide, mais pas à l'état solide. — 2° Contrairement aux recherches nouvelles, Hittorf a raison de soutenir que Cu²S est un électrolyte à l'état solide et est mauvais conducteur de l'électricité à la température ordinaire. Mais ces deux propriétés décroissent lorsque la teneur en CuS augmente ; elles peuvent même disparaître complètement. — 3° Le sulfure de cuivre fondu ne donne par électrolyse dans un tube en U aucun produit de décomposition, à cause de la trop grande dépolarisation. — 4° Le sulfure de sodium Na²S fondu est décomposé par le courant à 1,63 volt ; celui de potassium K²S, à 1,65 volt. — 5° Le sulfure de sodium fondu et celui de cuivre se mélangent jusqu'à un certain point à l'état liquide. Jusqu'à une certaine concentration, en effet, Cu²S se dissout dans Na²S et, inversement, Na²S dans Cu²S. — 6° Les auteurs ont isolé une nouvelle combinaison NaCuS sous la forme de petites aiguilles bleu d'acier. — 7° Par l'électrolyse de Cu²S dans Na²S, le cuivre chemine comme anion complexe vers l'anode où il s'enrichit (c'est le premier exemple d'un anion complexe dans un liquide en fusion), tandis qu'à la cathode le cuivre n'est séparé que secondairement. — 8° Le cuivre peut être obtenu pratiquement par électrolyse du Cu²S pur ou un bain en fusion renfermant Na²S — x pour 100 Cu²S.

Sur les propriétés électromotrices du brome et sur le potentiel anodique pendant l'électrolyse des solutions neutres de bromure de potassium, par le Dr F. BERICKE (*Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. XI, p. 57, 27 janvier 1905). — C'est la très longue étude de l'auteur nous retiendrons seulement les conclusions qui sont les suivantes : La grande solubilité du brome dans l'eau et dans la solution de bromure permet la décharge réversible du brome sur le platine platiné par des tensions anodiques telles qu'elles sont encore inférieures au potentiel du brome correspondant à la saturation, même par les densités de courant élevées. Avec des anodes polies on utilise au contraire des tensions beaucoup plus élevées que celles correspondant au potentiel du brome pour faire traverser l'anode par de grandes intensités, et cela par suite des variations d'état des électrodes. L. J.

BIBLIOGRAPHIE (').

Manuel de l'ouvrier tourneur et fileteur, par JOANNY LOMBARD, chef d'atelier à l'Ecole nationale d'Arts et Métiers de Lille. Un volume 21^{cm} × 14^{cm}, de 216 pages, avec 175 figures dans le texte. V^o Ch. Dunod, éditeur, 49, quai des Grands-Augustins, Paris, 6^e. Prix : broché, 4^{fr},50.

Ce manuel, très complet, traite à fond toutes les opérations de tournage et de filetage ; il s'adresse donc plus spécialement aux hommes de métier, ouvriers et contre-maîtres tourneurs. Il comprend trois Parties distinctes : la première Partie renferme les notions d'arithmétique, de géométrie et de mécanique indispensables dans les travaux de tournage ; l'étude des outils de tours, des différents types de tours avec leur installation, leur contrôle et leur emploi, constitue la deuxième Partie. Enfin la troisième Partie se rapporte aux calculs des roues d'engrenages pour les travaux de filetage ; l'auteur a exposé ce dernier sujet avec une grande clarté et en se basant uniquement sur des données théoriques sans aucun calcul empirique. L'Ouvrage est très bien écrit ; il sera consulté avec fruit aussi bien par les ingénieurs et amateurs qui n'ont pas fait un apprentissage spécial du tour que par les gens du métier.

B. K.

Manuel de pratique mécanique à l'usage des chauffeurs d'automobiles, mécaniciens et amateurs, par RENÉ CHAMPLY, ingénieur mécanicien. Un volume 19^{cm} × 13^{cm}, de 308 pages, avec un très grand nombre de schémas et de photographies d'outils dans le texte. H. Desforges, éditeur, 39, quai des Grands-Augustins, Paris. Prix : broché, 3^{fr},50.

L'auteur indique nettement, dans sa préface, le but qu'il s'est proposé en publiant cet intéressant Ouvrage : « Tout possesseur d'un véhicule automobile doit être un peu mécanicien : partant de cette vérité, je me suis proposé de réunir quelques indications de pratique et de tour de main, qui sont bien connues des ouvriers mécaniciens, mais parfaitement ignorées du commun des mortels, et souvent même des chauffeurs munis de leur permis de conduire. Cependant l'automobiliste peut, à chaque instant, être obligé de réparer une pièce cassée de sa voiture ou tout au moins de se rendre compte si la réparation que lui fait un ouvrier est faite dans de bonnes conditions. Et puis, n'est-il pas bon, dans notre siècle de machinisme à outrance, que tout le monde sache ce qu'il faut pour entretenir et réparer une machine ? Le travail mécanique est le plus captivant qui soit : il développe l'intelligence et le corps ; l'homme du monde ne déroge pas en travaillant les métaux. »

Il nous reste à dire que M. Champly a largement développé son sujet, qu'il a su le rendre attrayant en soignant le style qui est simple et facile à lire, et c'est une qualité que nous nous plaisons à mettre en évidence, parce qu'il y a une réelle difficulté à ne pas tomber dans la monotonie quand il s'agit de répéter à chaque instant des descriptions calquées sur le même moule. L'Ouvrage comprend pour ainsi dire deux grandes divisions. Dans la première, Chapitres I à IV, sont traités les mesures, l'outillage, les matériaux et les procédés de travail généraux ; la deuxième, Chapitres V à IX, contient plus particulièrement les soins et réparations applicables à l'automobile : démontage et remontage des mécanismes, entretien et recharge des accumulateurs sur les automobiles à essence, étude sur les pneumatiques, leurs avaries et leurs réparations, documents et législations sur les voitures automobiles.

L'auteur regrette de ne pouvoir s'étendre longuement sur la description des procédés employés pour l'usage du tour, parce qu'elle demanderait à elle seule un gros volume. Cette lacune est comblée par l'Ouvrage précédent.

L'hystérésis magnétique aux fréquences élevées dans le fer, le nickel et les aciers au nickel, par CH.-EUG. GUYE, B. HERZFELD et A. SCHIDLÖF. Deux fascicules.

Dans ces fascicules les auteurs décrivent les travaux qu'ils ont effectués au laboratoire de physique de l'Université de Genève, travaux dont les résultats ont déjà été signalés dans ces colonnes. Le premier contient, avec une introduction en langue française de M. Guye, la thèse en langue allemande soutenue en juillet 1903 par M. Herzfeld pour l'obtention du grade de docteur-ingénieur de la Haute École technique de Darmstadt. Le second fascicule est un tirage à part d'un Mémoire de MM. Guye et Schidlöf publié dans les numéros des *Archives des Sciences physiques et naturelles* de décembre 1904, janvier et février 1905.

Annuaire pour 1905 du Syndicat des Usines d'électricité. Un vol. format 24^{cm} × 15^{cm}, 302 pages.

Outre la liste des membres du Syndicat, cet Annuaire renferme des renseignements fort intéressants : les communications faites au Congrès du 4 juin 1904 que nous avons signalées dans ces colonnes, les lois, décrets, arrêtés et circulaires concernant l'industrie et publiés dans le courant de 1904, la liste alphabétique et par départements des villes et communes de France et des possessions françaises dans lesquelles il existe une distribution d'énergie électrique, etc.

(') Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

L'Exposition de Pâques de la Société française de Physique.

Comme les années précédentes, les séances de Pâques de la Société de Physique ont attiré à Paris de nombreux professeurs de province et de l'étranger, et beaucoup de Parisiens n'ont pas hésité à écourter leurs vacances pour aller entendre les remarquables conférences faites à cette occasion ou visiter les salles de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale où se tenait l'exposition.

Qu'y avait-il d'intéressant à cette exposition? C'est une question à laquelle il nous paraît impossible de répondre, un même instrument ou un dispositif pouvant avoir un intérêt très différent pour chaque visiteur suivant la nature de ses recherches scientifiques ou ses préoccupations industrielles. Si l'on se place uniquement au point de vue de la nouveauté, pour le plus grand nombre, les lampes à mercure Cooper Hewitt⁽¹⁾, exposées par M. de Recklinghausen, et les lampes à filament de tantale Siemens et Halske⁽²⁾, exposées par la maison Rousselle et Tournaire, présentaient un intérêt tout spécial. Mais beaucoup d'autres appareils, quoique n'ayant pas autant attiré l'attention, n'en étaient pas moins intéressants, tous les constructeurs ayant réservé leurs nouveautés pour cette exposition qui, par cela même, tend à devenir chaque année un événement pour le monde scientifique.

Dans le domaine des APPAREILS GÉNÉRATEURS nous n'avons guère à signaler, parmi les appareils exposés, que quelques machines électrostatiques et dynamos de laboratoire.

Les APPAREILS TRANSFORMATEURS étaient mieux représentés. La Société égyptienne d'Électricité exposait un *altern-redresseur* Rougé et Faget⁽³⁾ qui servait à transformer le courant alternatif du secteur de la Rive gauche en courant continu alimentant certains appareils des exposants. MM. Ancel, Carpentier, Ducretet, GaiFFE, Roycourt, Thurneysen présentaient divers modèles de bobines ou de transformateurs pour télégraphie sans fil, production de courants de haute fréquence ou usages médicaux. Comme accessoires de ces appareils, signalons un *interrupteur-turbine* de la maison GaiFFE, intéressant par la simplicité du moteur actionnant la turbine. Ce moteur est en effet réduit à quatre petits électro-aimants verticaux disposés suivant une circonférence et au-dessus desquels peut tourner horizontalement une étoile en fer doux à quatre branches montée sur l'axe de la turbine; les bobines des électro-

aimants, montées en série, forment un circuit en dérivation entre les bornes de la bobine de Ruhmkorff qu'alimente l'interrupteur; dans ces conditions, et si l'interrupteur est déjà en fonctionnement, les bobines des électro-aimants sont parcourues par une série de courants interrompus; leurs noyaux sont par suite successivement aimantés et désaimantés et l'on conçoit qu'ils puissent entretenir la rotation de l'étoile de fer si les branches de celle-ci sont convenablement calées par rapport à l'axe de rotation.

A propos des appareils transformateurs, signalons encore le *redresseur* Cooper Hewitt, dont le fonctionnement est expliqué dans la conférence de M. Leblanc, les *condensateurs* Moscicki, exposés par M. Cadiot et que nos lecteurs connaissent déjà⁽¹⁾, l'*accumulateur Radium*, exposé par la Société Le Chauffage par l'électricité, et enfin l'*accumulateur Méran*, qui se distingue par quelques particularités intéressantes que nous décrirons prochainement.

A l'APPAREILLAGE figuraient : le *parafoudre Gola*⁽²⁾, construit par MM. Parvillée frères, le dispositif Neu pour la *protection contre la rupture des canalisations à haute tension*⁽³⁾, exposé par la Société industrielle des Téléphones, et enfin quelques appareils exposés par diverses maisons : Richard Heller, Grivolat, etc. Sous l'appellation *appareil de démonstration de la transformation des vibrations en travail mécanique*, ce dernier constructeur montrait un dispositif ingénieux applicable à la confection des tableaux indicateurs de sonneries. En voici le principe : l'armature horizontale d'un électro-aimant porte des marteaux, fixés à cette armature par des ressorts verticaux de longueurs inégales et par suite de périodes de vibration différentes; si l'on envoie dans l'électro-aimant une série de courants dont la fréquence d'interruptions est égale à la fréquence de vibrations de l'un des marteaux, ce marteau seul prendra, en vertu des lois de la résonance, une amplitude notable. Or il est facile de produire une série de courants remplissant cette condition en commandant les interruptions du circuit de l'électro-aimant, lequel est en série avec une pile, au moyen d'un interrupteur vibrant constitué par une lame élastique ayant même période de vibration que le marteau que l'on veut actionner. Pratiquement cet interrupteur vibrant est mis en mouvement par un bouton poussoir identique, du moins comme aspect extérieur, au bouton d'appel ordinaire des sonneries électriques; quant aux marteaux ils frappent, lorsque leur amplitude est suffisamment grande, un voyant qui, sous l'action de ces chocs, vient tomber devant la fenêtre d'un tableau indicateur. On conçoit donc que l'on puisse ainsi dé-

(1) Voir dans ce numéro, p. 273, la conférence de M. Maurice Leblanc sur ce sujet.

(2) Ces lampes ont été décrites dans *La Revue électrique*, t. III, p. 53, 30 janvier 1905. Voir aussi t. III, p. 62, 30 janvier; p. 157, 15 mars et p. 273, 15 mai.

(3) Voir *La Revue électrique*, t. III, p. 33, 97 et 196, 30 janvier, 28 février et 15 avril 1905.

(1) Voir *La Revue électrique*, t. II, p. 178, 30 sept. 1904; t. III, p. 153 et 160, 15 mars 1905.

(2) *La Revue électrique*, t. III, p. 65, 15 fév. 1905.

(3) *La Revue électrique*, t. II, p. 285, 15 nov. 1904.

clenchér le voyant correspondant à un bouton d'appel déterminé, sans que les autres soient déclenchés en même temps. Dans l'appareil exposé le tableau indicateur portait 6 voyants.

Les MOTEURS ÉLECTRIQUES n'étaient représentés que par quelques petits modèles pour travaux de laboratoire. A signaler cependant dans cet ordre d'idées le *disjoncteur Choulet, tripolaire à minima, pour la protection des moteurs triphasés*, exposé par la Société industrielle des Téléphones et sur lequel nous reviendrons bientôt.

En ce qui concerne la TÉLÉGRAPHIE SANS FIL, notons les appareils de démonstration de M. Ancel et les appareils industriels de M. Ducretet.

En TÉLÉPHONIE, signalons le nouvel appareil hygiénique de la Société industrielle des Téléphones, le *monophote*, présenté à une récente séance de la Société de Physique par M. d'Arsonval, et un nouveau modèle de POSTE MICROTÉLÉPHONIQUE HAUT PARLEUR GAILLARD, exposé par M. Ducretet.

Les INFLAMMATEURS POUR MOTEUR A GAZ étaient représentés par l'*inflammateur Caron à magnéto*, qu'exposait la Société industrielle des Téléphones et par un distributeur d'allumage à réglage automatique exposé par M. Gianoli. Les APPAREILS DE CHAUFFAGE de la Société de Chauffage par l'Électricité, les FOURS ÉLECTRIQUES de MM. Poulenc frères et les photographies du four électrique utilisé par M. Gabreau pour le chauffage industriel des creusets montraient un autre genre d'applications thermiques de l'Électricité.

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE était mieux représenté. Outre les lampes à filaments de tantale et les lampes Cooper Hewitt, ces dernières servant à l'éclairage du vestibule, nous avons, en effet, à signaler encore : les *lampes Nernst* ⁽¹⁾ de la Société française d'Électricité A.E.G. qui éclairaient la salle du Conseil, les nouvelles *lampes à flamme Richard-Heller* utilisées pour l'éclairage de diverses salles, et la *lampe à arc thermo-électrique Fournier*. Cette dernière doit son nom à son mode de réglage qui utilise la variation de chaleur dégagée dans un circuit en dérivation sur l'arc : quand celui-ci s'allonge, le courant augmente dans le circuit dérivé et le dégagement de chaleur qui en résulte vaporise un liquide; cette vaporisation provoque une augmentation de pression qui est utilisée, à l'aide d'un tube manométrique genre Bourdon, à faire avancer les charbons; si ceux-ci se rapprochent trop, un effet inverse se produit. Ce mode de réglage est intéressant; l'inventeur revendique en sa faveur une grande sensibilité et une très faible dépense d'énergie dans le circuit dérivé.

Sur l'ÉLECTROCHIMIE nous n'avons remarqué qu'un modèle d'ozonateur exposé par M. Ducretet. Signalons cependant, dans cet ordre d'idées, la lampe à mercure à enveloppe de quartz fondu exposée par MM. Poulenc frères, lampe émettant une quantité considérable de rayons ultra-violet sous l'influence desquels l'air environnant s'ozonise très sensiblement.

Les APPAREILS DE MESURES formaient la majeure partie des objets exposés. M. Guinchant présentait le nouvel

électromètre à sextants décrit récemment dans ces colonnes ⁽¹⁾; M. Lauriol montrait que le *photomètre à papillotement Simmance* ⁽²⁾ donne lieu à des erreurs importantes d'appréciation suivant la vitesse de rotation utilisée; M. Ditisheim exposait un *chronomètre non magnétique* muni du nouveau balancier compensateur Guillaume; enfin, les divers constructeurs : maison Bréguet, Carpentier, Chauvin et Arnoux, Compagnie des Compteurs Aron, Compagnie pour la Fabrication des Compteurs, Richard, Richard-Heller, Rousselle et Tournaire, etc., exposaient des modèles d'instruments de mesures électriques si nombreux que nous ne pouvons les signaler ici, remettant à plus tard la description détaillée de quelques-uns d'entre eux.

Les ateliers Carpentier présentaient une série d'appareils de mesures industrielles parmi lesquels il faut citer un groupe de *thermiques* : voltmètre, ampèremètre et wattmètre destinés à fonctionner ensemble sous 3000 volts; la particularité intéressante de ces instruments c'est qu'ils sont alimentés par deux transformateurs seulement : l'un d'eux fournissant le courant proportionnel aux volts et l'autre le courant proportionnel aux ampères.

A côté de ces instruments on voyait le polythermique décrit récemment ici ⁽³⁾.

Dans les appareils de mesures de laboratoire de la même maison nous pouvons citer un *galvanomètre Deprez-d'Arsonval*, modèle mural, dans lequel, grâce à des réflexions convenables sur des miroirs, l'échelle a pu être placée contre le galvanomètre de façon à former avec celui-ci un ensemble très compact et très maniable. Cet appareil peut donner jusqu'à 2000 mégahoms de constante, c'est-à-dire 5×10^{-10} ampère par millimètre de déviation.

Un autre galvanomètre assez intéressant réalisé pour les usines du Creusot et destiné à l'étude des points critiques des aciers était placé près du précédent. Ce galvanomètre, ou plus exactement ce *relais d'induction*, est un Deprez-d'Arsonval dont le cadre mobile a deux circuits : l'un des circuits étant relié à un couple thermo-électrique, le cadre mobile traversé par le courant se déplace dans le champ et le second circuit est alors le siège d'une force électromotrice induite proportionnelle à la *variation* de la température en fonction du temps.

Les *boîtes de résistances* en décades sont d'un usage beaucoup plus commode que les boîtes en série, mais elles sont plus coûteuses, car elles exigent un plus grand nombre de bobines. Dans la combinaison imaginée par M. Hugues, chef de travaux à l'École centrale, il suffit de 4 bobines dont les valeurs relatives sont 1, 1, 3 et 4, pour faire avec un combinateur semblable à celui des boîtes en décades ordinaires, toutes les combinaisons de 1 à 9; il résulte de cette disposition une économie de bobines et il est possible de fournir ces boîtes à un prix moindre que les anciennes boîtes en décade.

Citons encore, de la même maison, un *interrupteur*

⁽¹⁾ *La Revue électrique*, t. III, p. 252, 30 avril 1905.

⁽²⁾ *La Revue électrique*, t. I, p. 315, 30 mai 1904.

⁽³⁾ *La Revue électrique*, t. III, 15 février 1905, p. 91.

⁽¹⁾ *La Revue électrique*, t. II, p. 279, 15 novembre 1904.

Wehnelt à circulation et un *rupture atonique* polarisé fonctionnant sur courant alternatif; nous reviendrons prochainement sur ces deux instruments. Dans un tout autre ordre d'idées, il faut signaler la remarquable série des appareils pour la mesure des bases par la méthode de MM. Benoît et Guillaume.

La Compagnie française des Compteurs Aron présentait un dispositif *indicateur du maximum de consommation* monté sur le modèle de compteur à remontage électromagnétique que construit cette compagnie, un *compteur d'induction*, un *compteur à double tarification*, dont nous donnerons bientôt la description. Elle exposait également un *compteur pour traction*, basé sur le même principe que ses compteurs à pendules, mais dans lequel les pendules sont remplacés par des balanciers à spirales insensibles aux chocs et trépidations. Un autre appareil intéressant exposé par cette Compagnie est une *boîte de connexion* destinée à être placée à l'origine des canalisations d'abonnés et qui permet aux employés chargés de la vérification des installations d'effectuer cette vérification très rapidement et d'une manière uniforme quel que soit le système de compteur, à deux ou à trois fils, utilisé par l'abonné.

Parmi les nombreux appareils exposés par la maison Jules Richard, nous ne signalerons aujourd'hui que les nouveaux modèles de *voltmètres et ampèremètres* dans lesquels un cadre mobile, à ressorts spiraux, se déplace dans un champ magnétique produit par deux aimants disposés de telle sorte que l'intensité du champ conserve une très grande invariabilité.

Enfin, pour en finir avec les instruments, mentionnons l'*indicateur de vitesse Carlier*, exposé par la Maison Rousselle et Tournaire, et les divers *galvanomètres, voltmètres et ampèremètres* de la Maison Chauvin et Arnoux.

Laissant de côté les appareils médicaux et les appareils radiographiques, largement représentés à l'Exposition, mais qui offrent peu d'intérêt pour la plupart de nos lecteurs, nous terminerons cette revue par quelques mots sur une curieuse *EXPÉRIENCE DE LABORATOIRE* imaginée par M. Curie en vue de démontrer l'importance de la symétrie des champs dans la production des phénomènes magnétiques et électriques, expérience qui n'est d'ailleurs que la reproduction, avec un nouveau dispositif, d'une ancienne expérience de Wiedemann. Imaginons un fil de fer ou de nickel tendu verticalement suivant l'axe d'une bobine magnétisante; en faisant circuler un courant dans cette bobine, nous produirons une aimantation longitudinale; en faisant passer un courant dans le fil lui-même, nous aurons une aimantation transversale; en superposant ces deux aimantations, on constate que le fil prend une torsion dont le sens s'inverse en même temps que le sens de l'une des deux aimantations. Le phénomène est d'ailleurs réversible. Pour le montrer, M. Curie prend un tube de fer à l'intérieur duquel est tendu un fil conducteur et qui est entouré d'une bobine; si l'on fait passer un courant magnétisant dans celle-ci, puis qu'on donne au tube une torsion, on observe la formation dans le conducteur central d'un courant d'induction

dont le sens dépend du sens de la torsion; si c'est au contraire le fil central qui est parcouru par le courant magnétisant, on observe un courant d'induction dans la bobine lorsqu'on tord le tube.

Sociétés savantes et techniques.

ACADÉMIE DES SCIENCES. — Les analyses des Notes concernant l'électricité, présentées aux récentes séances sont remises au prochain numéro.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE. — A la séance du 7 avril, M. de Kowalski a fait une Communication sur le *spectre d'émission de l'arc à haute tension* dont une analyse sera donnée ultérieurement.

Pendant les séances de Pâques, cinq conférences ont été faites dans l'amphithéâtre de Physique de la Faculté des Sciences, par MM. LORENTZ, JANET, WEISS et DE KOWALSKI. Celles de M. Janet et de M. Leblanc sont analysées ou reproduites dans ce numéro, p. 263 et 273. Dans les autres, M. Weiss a montré comment l'étude des *Propriétés magnétiques de la pyrrhotine* peut conduire à étendre nos connaissances théoriques sur l'aimantation; M. de Kowalski a exposé, avec de nombreuses expériences, les *Phénomènes qui accompagnent les décharges électriques dans l'air*; M. A. Lorentz, Professeur à l'Université de Leyde, a traité de la *Thermodynamique et les théories cinétiques*.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS. — L'ordre du jour de la séance du 3 mai appelait les communications de M. LEBLANC sur les *Recherches de M. Cooper Hewitt* et de M. BAINVILLE sur les *Lampes à incandescence*; nos lecteurs en trouveront la reproduction ou l'analyse p. 273 et 281 de ce numéro.

Conférences sur l'état actuel des Industries électriques.

Nous donnons p. 263 et 282 les analyses des conférences faites le 28 avril et le 2 mai, par M. Janet et M. Chaumat; celle de la conférence de M. Picou sera donnée dans le prochain numéro.

Rappelons que, dans la quinzaine de mai, le mardi 16, 23 et 30, auront lieu, 44, rue de Rennes, à 8^h30^m du soir, les conférences suivantes :

Les moteurs électriques dans l'Industrie, par M. Hillairet;

État actuel de l'industrie des accumulateurs, par M. Jumau;

Les principes généraux dans la construction des alternateurs, par M. Boucherot.

Informations diverses.

GÉNÉRATION. — Une société récemment constituée dans ce but, la Société des Forces hydro-électriques du Cher, se propose de créer une usine sur le Cher près des gorges de Rochebut, à 14^{km} en amont de Montluçon. Un barrage permettra de constituer un réservoir de 30 000 000^m et d'obtenir une hauteur de chute de 45^m. La puissance disponible sera de 4000 chevaux au minimum et pourra être portée à 10000 pendant la saison d'hiver.

TRANSMISSION. — Nous avons récemment signalé (t. III, p. 96) l'installation, par la Société grenobloise de

Force et de Lumière, d'une transmission d'énergie électrique système Thury, entre Moutiers (Savoie) et Lyon pour le service des tramways de cette ville. Afin d'avoir toute sécurité dans l'exploitation de cet important service, la Société grenobloise a décidé la création d'une seconde ligne de transmission et elle a adopté pour celui-ci le courant alternatif triphasé. L'usine génératrice sera située sur la rive droite de la Romanche, à Gavel, près de Séchilienne, à 150^{km} de Lyon. La hauteur de chute qu'elle utilisera est de 60^m et le canal est prévu pour un débit maximum de 20^{m³}, soit une puissance de 12000 chevaux qui peut tomber à 5000 chevaux au moment des basses eaux. Cette usine comportera au début trois alternateurs de 2000 chevaux fournissant, à la vitesse angulaire de 375 t. m des courants triphasés à 4000 volts; ces machines, ainsi d'ailleurs que 5 groupes récepteurs de 950 chevaux chacun, seront fournis par MM. Schneider et C^o.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — D'après des expériences que vient de faire la Marine des États-Unis dans les eaux des Indes occidentales, la portée des installations de télégraphie sans fil dans les zones tropicales serait plus faible que sous les latitudes septentrionales plus froides. Les expériences doivent être poursuivies.

— Le Gouvernement des Pays-Bas vient de commander à la Gesellschaft für drahtlose Telegraphie quatre stations du système *Telefunken* pour la formation du personnel télégraphiste. La station de Scheveningen appartenant à l'Administration des Télégraphes est reconstruite pour une portée de 400^{km} et affectée au Service postal. Deux stations de bord sont envoyées aux Indes néerlandaises et y seront expérimentées par une Commission qui étudiera leur utilisation dans ces climats.

— L'emploi de la télégraphie sans fil dans l'armée allemande fait de nouveaux progrès. On a l'intention, notamment, d'installer des stations dans un certain nombre de forteresses. Deux stations d'essai ont déjà été livrées. Des pourparlers ont lieu en ce moment avec le Reichspostamt au sujet de l'établissement de deux stations qui doivent être employées à la formation du personnel. La Marine a demandé à la Gesellschaft für drahtlose Telegraphie d'installer sept stations à bord de bâtiments de guerre.

— A la demande du Ministre de la Guerre, des expériences ont été faites en Belgique avec des stations de campagne transportables équipées d'après le système *Telefunken*. D'après les communications faites à ce sujet par la Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, les expériences entreprises entre Bruxelles et Anvers auraient donné des résultats extrêmement satisfaisants.

— *The Electrical Engineer* du 2 décembre annonce que la Société de Forest est entrée en concurrence avec les lignes terrestres par l'établissement d'un service régulier de télégraphie sans fil entre Saint-Louis et Chicago; elle perçoit les mêmes taxes que la Western Union Telegraph C^o.

— D'après le même journal, une communication par télégraphie sans fil a été obtenue entre la station Mar-

coni de Poldhu et une station établie à Ancône, appartenant au gouvernement italien. Le résultat est remarquable puisque les ondes, sur la plus grande partie du trajet long d'environ 1800^{km}, ont à passer au-dessus de la terre ferme et, en particulier, des sommets les plus élevés des Alpes.

— Le Gouvernement de l'Équateur a décidé d'établir à Guayaquil et à Puna des stations de télégraphie sans fil d'après le système *Telefunken*.

ÉLECTROCHIMIE. — D'un article du *Journal de l'Électrolyse* du 1^{er} mai nous extrayons les renseignements suivants sur l'aluminium. Actuellement les cours de ce métal en lingot au-dessus de 99 pour 100 de pureté varient, à l'étranger, de 295^{fr} à 370^{fr} les 100^{kg} et, en France, de 300^{fr} à 350^{fr} les 100^{kg}. La production française a atteint 1570 tonnes en 1903; pour la même année, la production de l'Allemagne, de la Suisse et de l'Angleterre réunies, a été d'environ 3000 tonnes; celle des États-Unis de 3300 tonnes. Nos exportations, toujours pour l'année 1903, se sont élevées à 900 tonnes, alors que les importations, entravées par des droits de douane de 200^{fr} au tarif maximum et de 150^{fr} au tarif minimum, n'ont pas dépassé 14 tonnes; nous exportons également plusieurs milliers de tonnes de bauxite, qui se trouve en gisements importants dans le midi de la France et qui est fort rare dans le reste de l'Europe. Dans ces conditions, nous n'avons guère à craindre la concurrence des usines européennes, mais il convient de compter avec les usines américaines, dont la production est déjà le double de la nôtre, qui trouvent à proximité d'excellents minerais, et qui sont protégées par des droits de douane assez élevés (90^{fr} par 100^{kg} pour l'aluminium en lingots et 145^{fr} pour le métal laminé ou battu). Aussi l'article conclut-il qu'il serait imprudent d'abaisser les droits de douane qui protègent actuellement notre production.

— La Cour d'appel de Paris, en son audience du 5 janvier dernier, a rendu son jugement dans le procès en contrefaçon intenté par la Société des Carbures métalliques, propriétaire des brevets Bullier, contre Bernimolin de la Compagnie internationale du Carborundum. La Société des Carbures a été déboutée, n'ayant pu faire la preuve que le carbure saisi chez Bernimolin ait été préparé par les procédés Bullier; mais d'un autre côté le jugement enregistre que la Compagnie du Carborundum, propriétaire des brevets Acheson, n'oppose plus la nullité des brevets Bullier.

NÉCROLOGIE. — Au dernier moment nous apprenons le décès de M. Potier. Le temps nous manque pour rappeler aujourd'hui les nombreux services qu'il a rendus à la science et à l'industrie électriques. Tous ceux d'ailleurs qui suivent les séances de la Société des Électriciens savent quelle part active il prenait aux travaux de cette Société, bien que depuis de longues années déjà une cruelle maladie l'empêchât d'assister à ses réunions. Dans le prochain numéro, et alors que d'autres plus autorisés que nous en auront fourni les éléments, nous chercherons à retracer les grandes lignes de son œuvre scientifique.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

- I. **Accumulateurs Sirius**, par T. PAUSERT, p. 289. — **Alternateurs mono- et polyphasés. Étude de leur fonctionnement**, par J. REZELMAN, p. 294.
- II. **Génération et Transformation** : Sur la gazéification des combustibles dans les gazogènes, au point de vue de l'application aux moteurs, par K. KUTZBACH, p. 303; Les principes généraux dans la construction des machines dynamos, par R.-V. PICOU, p. 305; Etat actuel de l'industrie des accumulateurs, par M. JUMAU, p. 306; etc.; Brevets, p. 308. — **Transmission et Distribution** : Limiteur de courant Parvillée à circuit de chauffage, p. 309; Examen micrographique des caoutchoucs, par F. BREUIL, p. 309; Brevets, p. 309. — **Applications mécaniques** : Brevets, p. 310. — **Télégraphie et Téléphonie** : Brevets, p. 310. — **Éclairage** : Le tantale, sa préparation, ses propriétés, par le Dr V. BALTON, p. 311; Perfectionnements aux lampes à incandescence, p. 311; Brevets, p. 311. — **Electrochimie et électrometallurgie** : Réduction électrolytique des acides nitrocinnamiques, par C. MARIE, p. 312; Sur la température économique d'électrolyse des solutions de sulfate de cuivre, par CH.-F. BURGESS, p. 312. — **Mesures et Essais** : Appareil de mesure de la densité électrique superficielle pour les applications médicales, par L. BENOIST, p. 312. — **Divers** : Sur la résistance des fils métalliques pour les courants de haute fréquence, par A. BROCA et TURCHINI, p. 313; etc.
- III. **Bibliographie**, p. 316.
- IV. **Variétés, Informations** : Nécrologie : A. Potier; Réglementation de la Télégraphie sans fil dans l'Empire allemand; Sociétés savantes et techniques; Conférences sur l'état actuel des industries électriques; Informations diverses, p. 317.

ACCUMULATEURS SIRIUS

DE LA SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX.

La Société pour le Travail électrique des Métaux vient d'ajouter récemment à la série déjà si nombreuse des types d'accumulateurs qu'elle construit un type essentiellement nouveau dénommé *accumulateur Sirius*. Cet élément se distingue surtout par la fabrication des plaques positives, fabrication tout à fait différente des procédés jusqu'ici connus, et dont nous allons entreprendre ici la description.

Faisons remarquer d'abord que la plaque Sirius est une plaque à grande surface, c'est-à-dire que la surface totale développée par son plomb est considérablement plus élevée que la surface apparente de la plaque obtenue par le double produit de sa hauteur par sa largeur. C'est donc une plaque créée spécialement en vue de la formation Planté; mais rien n'empêche d'en faire aussi une plaque mixte, c'est-à-dire empâtée de matière active au début et ne travaillant en grande surface que dans la suite, lorsque la matière initiale s'est détachée de son support.

Les procédés actuellement employés pour la

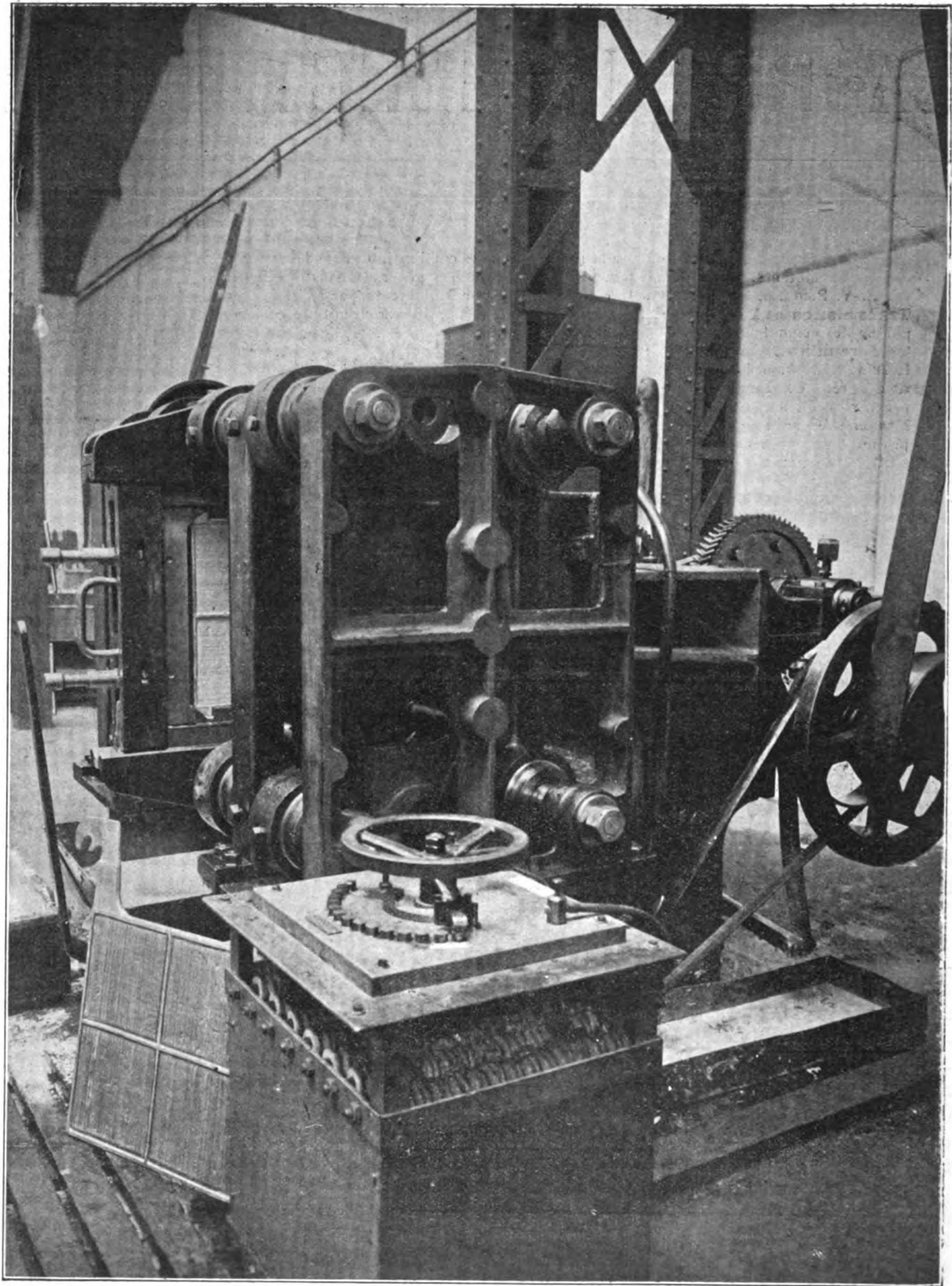
fabrication des plaques à grande surface peuvent se ramener à deux modes bien différents :

1° La fabrication par coulée dans laquelle le plomb fondu est amené par un procédé quelconque dans un moule de forme déterminée;

2° La fabrication par travail du plomb à basse température, c'est-à-dire inférieure au point de fusion du plomb.

La coulée des plaques, qui a été tout d'abord le procédé le plus employé, est évidemment très simple, mais elle possède différents inconvénients. Lorsqu'on veut obtenir, en effet, un grand développement de surface (rapport entre la surface totale active offerte par le plomb et la surface obtenue en faisant le double produit de la hauteur par la largeur de la plaque), on est obligé d'avoir recours à des moules très délicats par suite de l'extrême finesse des nervures et de leur profondeur parfois assez grande. En outre, le démoulage peut, dans ces conditions, être très difficile et il peut en résulter des arrachements du plomb en certains points. Pour ces raisons, il est difficile

Fig. 1.



Machine à fabriquer les plaques Sirius.

déjà d'atteindre par coulée un développement égal à 10 pour une plaque de 12^{mm} d'épaisseur environ.

Mais, à côté de ces inconvénients d'ordre mécanique, il en est d'autres qui concernent plus particulièrement les qualités du métal lui-même. Le plomb obtenu par coulée est, en effet, rarement sain. Fréquemment, il présente des soufflures dues à des bulles d'air retenues dans la masse métallique pendant son refroidissement. Il peut renfermer aussi de petits amas d'oxyde provenant de l'oxydation du plomb en fusion en présence de l'air, ou encore des amas de matières pulvérulentes (colcothar, talc, plombagine, etc.) dont on est obligé de tapisser l'intérieur du moule pour faciliter le démoulage. Ce défaut d'homogénéité du plomb donne lieu à une inégalité d'attaque pendant la peroxydation progressive du métal qui survient lors du fonctionnement. Dans ces conditions, il peut arriver que certaines parties de la plaque soient complètement usées et nécessitent la mise hors de service avant l'utilisation totale du plomb des nervures actives.

Parmi les procédés de travail du plomb à basse température, on connaît déjà le façonnage du plomb à l'aide d'outils spéciaux. Dans l'un de ces procédés, notamment, l'outil, en forme de soc de charrue, entaille obliquement la plaque à travailler et détache ainsi une lamelle de plomb très mince qu'il redresse en même temps de manière à la rendre perpendiculaire au plan de la plaque. Ce procédé permet bien d'obtenir un développement de surface très élevé, mais il a plusieurs inconvénients. En premier lieu, il nécessite l'emploi du plomb laminé, le plomb coulé n'étant pas suffisamment homogène pour permettre le travail à l'outil. Il en résulte une augmentation du prix de revient de la plaque, le plomb laminé coûtant plus cher que le plomb fondu; de plus, la queue de prise de courant et les crochets de suspension de la plaque devant être soudés après façonnage de la plaque laminée, il y a encore là une cause de frais supplémentaires et, en même temps, une cause de détérioration de la plaque qui peut présenter des points faibles, d'attaque plus rapide, à l'endroit des soudures. Mais il y a en outre un inconvénient plus grave encore et qui provient du travail que l'on a fait subir au plomb. S'il est vrai, en effet, que le plomb laminé est plus homogène et de plus grande cohésion moléculaire que

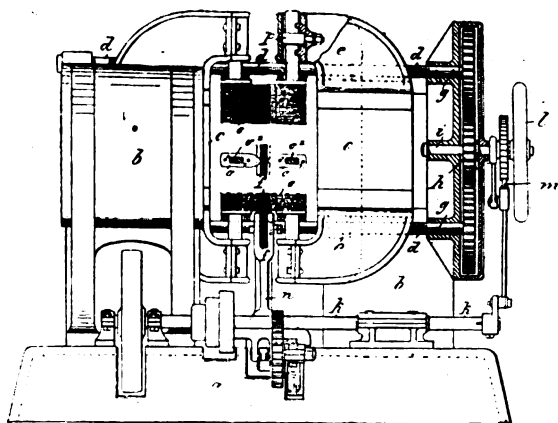
le plomb fondu, il n'en est plus ainsi pour ce même plomb ayant subi le labourage à l'outil. On comprend facilement que, pendant cette opération, il doit se produire des arrachements, notamment lors de la période de redressage des nervures. Celles-ci subissent ainsi un véritable écrouissage à leur base, c'est-à-dire au point où elles sont attachées à l'âme. Tandis qu'en ces points les nervures devraient présenter la plus grande résistance à l'attaque, il se trouve, au contraire, qu'elles sont plus faibles là que partout ailleurs, de telle sorte que les actions électrolytiques y peroxydent plus rapidement le plomb. On peut assister alors à la chute de portions de nervures détachées de la base avant l'utilisation de tout le plomb actif.

Un autre procédé qui a été remis en honneur pendant ces dernières années est celui du laminage et de l'étirage du plomb chauffé au-dessous de sa température de fusion en vue de l'amener simplement à l'état de ramollissement. Ce procédé est très ancien; il est dû à de Khotinsky qui, à ce sujet, prit en France le brevet 170514 du 6 août 1885. Cet inventeur eut le premier l'idée de préparer les plaques d'accumulateurs de la manière dont on procède pour la confection des tuyaux en plomb. Pour cela, il comprima le plomb rendu mou par l'action de la chaleur à travers des matrices ayant la forme désirée. Les différences qui peuvent exister entre les procédés actuels et celui de de Khotinsky ne résident que dans la forme ou dans la constitution des filières, ainsi que dans la température et la pression plus ou moins élevées (certains constructeurs atteignent une pression de 2000 kg : cm²). On peut obtenir ainsi de très grands développements de surface en même temps qu'un plomb bien homogène. Mais, à la sortie de la filière, on ne recueille pas une plaque terminée, mais un long ruban qu'il faut découper, et dont les portions doivent être ensuite assemblées pour constituer une plaque. On doit donc couler d'autre part un cadre muni de la prise de courant et des crochets de suspension et chacune des petites bandes doit être réunie à ce cadre par des soudures. Il en résulte une main-d'œuvre supplémentaire importante et surtout une hétérogénéité de la plaque dont la durée peut être ainsi compromise. Quelques soins que l'on apporte à la confection de ces soudures, il est matériellement impossible de réaliser en ces points un métal semblable à celui des bandes.

Non seulement la composition chimique peut être différente (le cadre étant en général en plomb antimoné, tandis que les bandes sont en plomb doux), ce qui provoque des actions locales intérieures, mais encore la constitution physique du plomb est également différente et les points de soudure sont en général des points d'attaque plus rapide.

Le nouveau procédé adopté par la Société pour le Travail électrique des Métaux rentre dans la catégorie des procédés de fabrication par travail du plomb à basse température; mais on a cherché ici à éviter les inconvénients des modes de fabrication ci-dessus décrits. A cet effet, on part d'une plaque coulée et munie par conséquent de sa prise de courant, de ses crochets de suspension, de ses nervures de renforcement, etc., cette plaque ayant exactement les dimensions que doit posséder la plaque terminée, exception faite pour l'épaisseur ainsi qu'on le comprendra par la suite.

Fig. 2.



Coupe verticale de la machine à plaques Sirius.

A l'aide d'une machine spéciale décrite ci-après, de fines nervures sont formées sur la plaque et, point caractéristique, ces nervures sont laminées et comme telles possèdent toutes les qualités d'homogénéité et de résistance à l'attaque du plomb laminé. De plus, comme les outils employés n'enlèvent pas le plomb, mais le refoulent, il n'y a aucun déchet. Le procédé permet également de très grands développements de surface puisqu'on peut atteindre avec lui des épaisseurs de plomb ne dépassant pas 0^{mm}, 2.

La machine qui sert à fabriquer ces plaques est représentée en vue perspective par la figure 1. La figure 2 est une coupe verticale de la machine vue de face. La figure 3 est également une coupe

Fig. 3, 4 et 5.

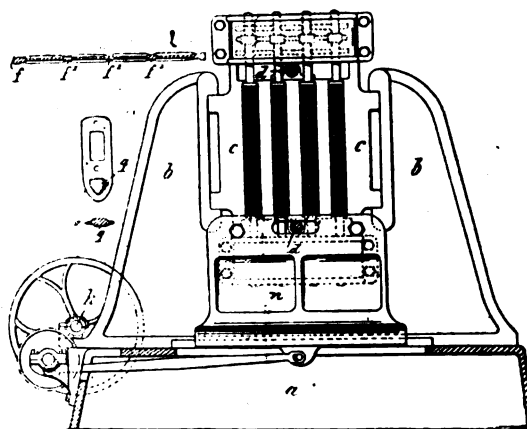


Fig. 3. — Coupe verticale de la machine Sirius.

Fig. 4. — Coupe transversale d'une plaque.

Fig. 5. — Coupe verticale et horizontale d'un couteau.

verticale, mais dans un sens perpendiculaire. En figure 4, on a représenté la coupe transversale d'une plaque terminée comportant quatre rangées de nervures séparées par des traverses de renforcement. Dans la figure 5, on voit un couteau de la machine en coupe verticale et en coupe horizontale.

Dans cette machine, on fait usage d'outils analogues à des couteaux et qui reçoivent un mouvement relatif parallèle à la plaque de plomb à travailler. Dans leur mouvement de va-et-vient, exécuté à une grande vitesse, les couteaux, disposés à intervalles déterminés, pénètrent dans la plaque de plomb et y tracent des rainures, tandis que le plomb intermédiaire est refoulé dans les intervalles où il est pressé et étendu grâce à la forme conique particulière des côtés des couteaux. On obtient alors des nervures de hauteur sensiblement supérieure à l'épaisseur primitive de la plaque. Le travail est ainsi effectué de telle manière que le sens de la pression, pendant la formation des nervures, n'est pas perpendiculaire, mais parallèle à la surface de la plaque. Il en résulte une fatigue et une usure moindres des couteaux.

Le mouvement relatif entre la plaque et les couteaux peut être obtenu soit en déplaçant les

couteaux, soit au contraire en déplaçant la plaque. C'est à ce dernier cas que se rapportent les figures.

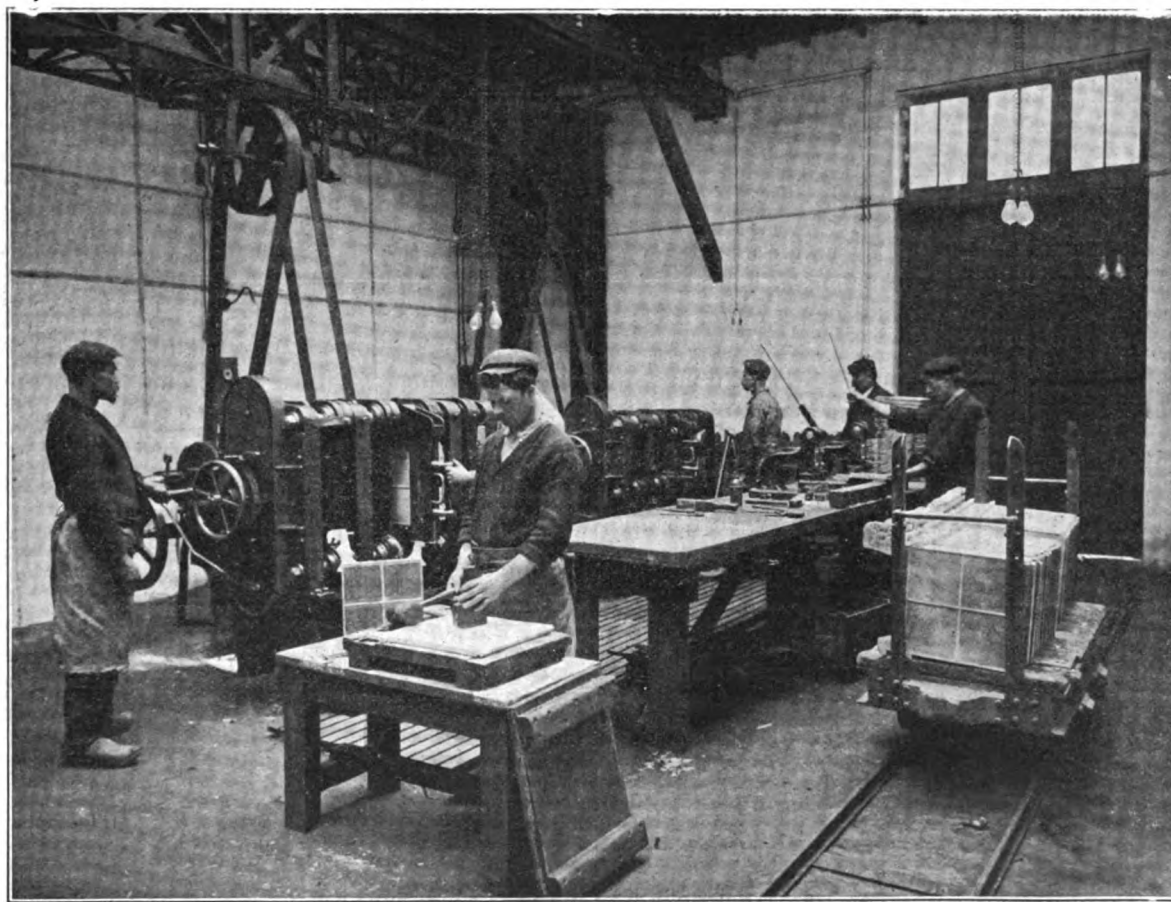
Le socle *a* de la machine porte à chaque extrémité les deux montants *bb* destinés à recevoir et à guider les porte-couteaux *cc*. Dans ces montants sont disposées, en haut et en bas, des tiges filetées à droite et à gauche, de sorte que la rotation de ces tiges *dd* opère un mouvement régulier de rapprochement ou d'écartement des deux porte-couteaux de la plaque de plomb *f* guidée dans la partie médiane.

Les tiges filetées reçoivent leur rotation au

moyen de roues dentées montées sur leurs extrémités *gg* et engrenant avec une roue intermédiaire commune *h* dont l'axe *i* est commandé par l'arbre moteur *k* de la machine. L'axe *i* peut également recevoir sa rotation à la main par le volant *l* après l'enlèvement du cliquet *m*.

L'arbre moteur *k* commande, par l'intermédiaire d'un engrenage permettant de réaliser la vitesse voulue, et par manivelle et bielle, le chariot *n*, qui possède son guidage sur le socle *a* et porte la plaque à façonner. La vitesse à laquelle la plaque se meut sur les couteaux est ainsi dé-

Fig. 6.



Atelier de fabrication des plaques Sirius.

pendante du mouvement des couteaux contre la plaque. Ces couteaux ont des faces actives *o* de forme parabolique et ils sont taillés de façon à présenter immédiatement au-dessus de la lame un bourrelet ou renforcement central *q* qui saisit la

bande de plomb entaillée par deux couteaux voisins et la relève.

Pour la fabrication d'une plaque d'accumulateur comme celle représentée en figure 4, la machine possède quatre colonnes de couteaux. La

course du chariot est déterminée de façon que les couteaux réservent entre les nervures de la plaque f des traverses f' qui augmentent la solidité de la plaque. Le façonnage de celle-ci est opéré des deux côtés sur toute la largeur avec une grande rapidité, jusqu'à ce que les nervures aient atteint une hauteur suffisante et qu'il ne reste plus au milieu qu'une âme de l'épaisseur voulue. On peut ainsi produire en peu de temps des nervures très fines et très régulières.

La disposition en colonne des couteaux permet de fabriquer sur la même machine des plaques de dimensions différentes. Les couteaux o sont enfilés sur des barres o' qui sont vissées en haut et en bas au moyen de colliers de serrage p dans les têtes des porte-couteaux en forme d'U.

On distingue nettement sur la figure 1 les différents détails d'exécution de la machine qui est actionnée par un moteur électrique dont on voit le rhéostat de démarrage au premier plan. Une petite pompe commandée par l'arbre de la machine assure un graissage continu et abondant.

La figure 6 représente l'ensemble de deux machines avec la partie de l'atelier où l'on redresse les plaques avant de les travailler et où on les termine après le façonnage. Cette dernière opération consiste simplement à découper à l'aide d'un outil à levier deux prolongements de la plaque venus

de coulée avec elle et qui servent à l'assujettir dans le cadre de la machine.

Après cette opération les plaques sont soumises à la formation; celle-ci se fait soit par le procédé Planté, soit par un procédé électrochimique spécial n'apportant dans la plaque aucune trace de matière nuisible.

Le montage de ces positives se fait en regard des négatives T. E. M. déjà connues et dont la description est donnée d'une façon détaillée dans le Traité de L. Jumaù sur les Accumulateurs électriques (¹), Traité dans lequel on trouvera également la description des autres types d'accumulateurs construits par la Société pour le travail électrique des métaux.

En résumé, les plaques Sirius peuvent donner, grâce à leur grand développement de surface, les plus grandes capacités possibles avec le type de plaques à grande surface. Elles possèdent une très longue durée par suite des qualités du plomb et de l'absence des soudures; enfin elles sont de fabrication économique. Leur emploi est particulièrement indiqué dans les batteries stationnaires, les batteries-tampons, les batteries d'éclairage des trains, les batteries de traction de tramways et, d'une façon générale, dans toutes les applications où l'on recherche les longues durées.

T. PAUSERT.

ALTERNATEURS MONO- ET POLYPHASÉS.

ÉTUDE DE LEUR FONCTIONNEMENT.

INTRODUCTION. — Le fonctionnement des alternateurs a déjà fait l'objet d'un grand nombre d'études; d'une manière générale, on peut dire que les diagrammes qu'on a établis ne tiennent que partiellement compte des divers phénomènes qui se passent dans une machine.

Une machine donnée peut en effet travailler dans des conditions toutes différentes (par exemple saturée ou non saturée), et le diagramme applicable dans une condition peut ne plus l'être dans une autre pour la même machine.

De même un diagramme qu'on a pu simplifier pour une certaine machine peut ne plus être applicable à une certaine machine du même genre et encore moins à une machine d'un genre différent.

Un diagramme universel devrait tenir compte indistinctement de tous les facteurs qui ont une influence sur la chute de tension; ce diagramme deviendrait nécessairement trop compliqué pour un tracé graphique et il est beaucoup plus important pour la pratique d'être fixé, pour chaque genre de machines, sur les facteurs principaux, tant pour leur sens que pour leur valeur précise, et de connaître à part les éléments accessoires et leur influence.

Sauf quelques divergences de vue concernant la valeur exacte de ces facteurs, on est maintenant

(¹) L. JUMAÙ, *Les accumulateurs électriques* (V^e Ch. Dunod, éditeur), p. 560.

bien d'accord quant au choix des éléments principaux; il reste et il restera toujours à rechercher les éléments accessoires et ce n'est qu'en précisant l'influence de ces derniers qu'on pourra obtenir les valeurs exactes des premiers. La présente étude est une contribution à cette recherche, en analysant d'une façon tangible les phénomènes qui se passent dans les alternateurs.

Dans les premières parties de notre travail qui sont purement théoriques, nous envisageons une machine idéale du type des moteurs asynchrones polyphasés qui est l'expression la plus générale de nos machines à courants alternatifs.

Cette machine a le stator et le rotor complètement identiques, même nombre de rainures, même bobinage et de plus nous supposons que ses champs sont parfaitement sinusoïdaux.

Dans cette machine simple nous recherchons quels sont les facteurs qui sont à considérer; nous arrivons ainsi dès le début aux phénomènes complexes des machines monophasées, que nous parvenons à analyser nettement à l'aide de bobinages spéciaux que nous plaçons sur notre machine; le même artifice nous permet de poursuivre les différents phénomènes qui se passent dans la machine pratique et de ramener leur action à une conception relativement simple.

Il est évident *a priori* que, quelle que soit la façon de procéder pour établir un diagramme, les résultats doivent toujours être les mêmes du moment qu'on fait intervenir chaque élément conformément à son action. Il est donc indifférent de considérer soit des ampères-tours, soit des flux, soit des forces électromotrices correspondantes aux flux; ce n'est que la représentation qui diffère. Dans notre étude nous ne nous basons que sur l'action et la réaction des champs, les seuls phénomènes qui se manifestent physiquement dans nos machines.

La notion de la self-induction n'étant que celle de la variation d'un champ, nous pouvons aussi appeler notre méthode celle de la self-induction.

L'ancien diagramme de ce nom (dû à Behn-Eschenburg, diagramme du cercle), mal employé, a donné de mauvais résultats et on l'a abandonné pour d'autres méthodes. Pourtant il suffit d'interpréter la self-induction comme le demande sa définition générale, pour arriver aussi bien au résultat que par n'importe quelle autre méthode.

C'est la notion de l'état magnétique, variable

avec la charge pour une excitation donnée, qui manquait au diagramme de Behn-Eschenburg.

Contrairement à ce qu'on pourrait attendre, notre méthode nous a amené à un diagramme très caractéristique et d'une construction simple; même dans le cas de saturation et bien qu'on fasse intervenir un champ transversal et antagoniste, il n'y entre que des droites et des arcs de cercle.

Le cadre d'un article de Revue ne nous permet pas de donner l'étude dans tous ses développements; nous avons dû réduire les considérations théoriques au strict nécessaire pour la bonne compréhension des applications pratiques, lesquelles nous avons donné dans tout leur développement (1).

I. — Production des champs alternatifs.

A. PRODUCTION DE CHAMPS ALTERNATIFS. — Si nous envoyons par une des phases du stator un courant continu $\mathfrak{J}_c$ (*fig. 1*), celui-ci produira en parcourant les spires de cette phase une telle répartition de la force magnétomotrice dans l'entrefer que le champ magnétique qui en résulte sera sensiblement sinusoïdal.

(1) Dans cette étude, nous adopterons les notations suivantes :

$\mathfrak{E}_c$, force électromotrice continue;

$\hat{\mathfrak{E}}_{nv}$, valeur efficace de la force électromotrice alternative de fréquence nv ;

$\hat{\mathfrak{E}}_0$, valeur efficace de la force électromotrice totale induite;

$\hat{\mathfrak{E}}_s$, valeur efficace de la composante déwattée de $\hat{\mathfrak{E}}_0$ (force contre-électromotrice de self);

$\hat{\mathfrak{E}}_r$, valeur efficace de la composante wattée de $\hat{\mathfrak{E}}_0$;

$\mathfrak{J}_c$, courant continu;

$\hat{\mathfrak{J}}_{nv}$, valeur efficace du courant alternatif de fréquence nv ;

$\bar{\mathfrak{J}}_{nv}$, valeur maximum du courant alternatif de fréquence nv ;

L , coefficient de self-induction par phase;

$\mathfrak{M}$, force magnétomotrice;

R , résistance ohmique par phase;

R_R , résistance ohmique du rotor par phase;

R_s , résistance ohmique du stator par phase;

V , vitesse;

ν , fréquence;

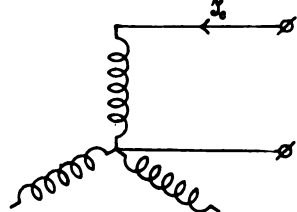
$\bar{\Psi}_{nv}$, valeur maximum du flux alternatif de fréquence nv ;

$\bar{\Psi}_{0v}$, valeur maximum du flux produit par l'excitation continue;

$\bar{\Psi}_r$, flux résultant.

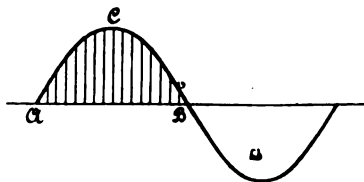
La surface ABC (*fig. 2*) nous donne alors une mesure du flux total $\bar{\Psi}$ qui traverse l'entrefer et entre dans le rotor. Entraînons maintenant le

Fig. 1.



rotor à la vitesse V , le flux variera dans chacune des bobines du rotor de $+\bar{\Psi}$ à $-\bar{\Psi}$ et cette variation de flux induira dans chacune des phases

Fig. 2.



du rotor une force électromotrice sinusoïdale de valeur efficace $\hat{\mathcal{E}}_v$ et de fréquence ν .

Nous pouvons produire ces mêmes variations de flux sans aucun déplacement; il suffit, en effet, d'envoyer dans la phase du stator, non pas le courant continu $\mathcal{I}_c$, mais un courant alternatif sinusoïdal de fréquence ν et d'intensité maximum $\bar{\mathcal{I}}_v = \mathcal{I}_c$; la valeur efficace de ce courant magnétisant sera donc $\hat{\mathcal{I}}_v = \frac{\bar{\mathcal{I}}_v}{\sqrt{2}} = \frac{\mathcal{I}_c}{\sqrt{2}}$ et il y aura alors des positions du rotor pour lesquelles la force électromotrice induite dans une phase du rotor est également $\hat{\mathcal{E}}_v$. Pour cela, il faudra appliquer aux bornes du stator la même tension $\hat{\mathcal{E}}_v$.

Il est évident que si nous appliquons la tension $\hat{\mathcal{E}}_v$ aux bornes d'une phase de rotor, le courant magnétisant y sera de même $\frac{\mathcal{I}_c}{\sqrt{2}}$, et nous pouvons mesurer sur une phase du stator une force électromotrice $\hat{\mathcal{E}}_v$ de fréquence ν .

B. CHAMP DE DOUBLE FRÉQUENCE. — Cela posé, nous envoyons dans une phase du rotor le courant $\hat{\mathcal{I}}_v$ de fréquence ν et nous l'entraînons à la

vitesse V ; nous pouvons alors considérer les deux cas suivants :

1° Le courant alternatif passe par sa valeur maximum précisément au moment où les bobines de la phase considérée du rotor et du stator sont en regard.

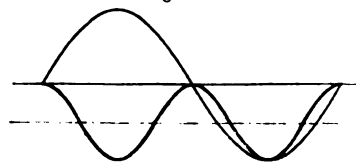
2° Le courant alternatif passe par la valeur 0 au moment même où les bobines du rotor sont en face de celles du stator.

Voyons d'abord le premier cas. Au moment où les bobines du rotor et du stator sont en regard, le courant passe par sa valeur maximum; le champ est donc maximum au moment où le flux émis par un pôle du rotor peut entrer complètement dans le pôle correspondant du stator. Un quart de période après, les bobines du rotor sont précisément au milieu des bobines correspondantes du stator; à ce moment le courant est nul et il n'y a pas de champ, ni dans le rotor ni dans le stator.

Encore un quart de période et les bobines sont de nouveau en regard; le courant qui a changé de sens a de nouveau sa valeur maximum et tout le flux d'un pôle du rotor entre de nouveau complètement dans le pôle correspondant du stator; seulement le pôle du rotor, qui était nord précédemment quand son flux pénétrait une bobine du stator, est sud maintenant et envoie son flux, de sens inverse, dans la bobine suivante du stator qui, elle, vient d'être pénétrée par le pôle voisin du rotor qui était sud à ce moment.

On voit clairement que dans une bobine donnée du stator la variation du flux est de $+\bar{\Psi}$ à 0 (ou de $-\bar{\Psi}$ à 0), c'est-à-dire qu'elle varie bien d'intensité mais non de direction (*fig. 3a*).

Fig. 3 a.

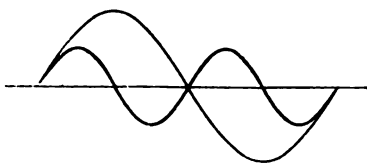


Quant à la fréquence de cette variation, elle est double de celle dans le rotor. En effet, pendant que la variation $\frac{d\Psi}{dt}$ du flux du rotor passe de $+\text{max.}$, 0, $-\text{max.}$, celle du stator passe de 0, $+\text{max.}$, 0, $-\text{max.}$, 0; elle est donc de fréquence double (*voir figure 3a* variation de la tangente).

Si, du reste, le flux du rotor est sinusoïdal, la variation de celui-ci dans le stator le sera également, et par conséquent la force électromotrice induite; puis sa valeur efficace sera la même que celle de la tension appliquée aux bornes du rotor, car l'amplitude de la variation du flux étant moitié moindre, sa vitesse est deux fois plus grande, donc : $\hat{c}_{2v} = \hat{c}_v$.

Dans le second cas précité, il y a également production dans le stator d'un champ de double fréquence. Au moment où le courant est maximum, les bobines du rotor sont précisément au milieu des bobines correspondantes du stator; dans chaque pôle du stator entrent autant de lignes de force positives que négatives, de sorte que le flux par bobine est 0. Quand les bobines sont en regard le courant passe par 0 et le champ du stator est encore nul. On voit facilement

Fig. 3 b.



(fig. 3 b) qu'ici le flux dans une bobine du stator varie entre

$$0, +\frac{\bar{\Psi}}{2}, 0, -\frac{\bar{\Psi}}{2}, 0, +\frac{\bar{\Psi}}{2}, 0, -\frac{\bar{\Psi}}{2}, 0,$$

pendant que le flux du rotor varie de

$$0 \text{ à } +\bar{\Psi}, \quad 0, \quad -\bar{\Psi}, \quad 0.$$

C. MOTEUR MONOPHASÉ. — Appliquons ce qui précède à un moteur monophasé, dont le rotor, pour plus de simplicité, est bobiné en biphasé.

Nous envoyons dans le stator le courant alternatif $\hat{c}_v$, qui y crée un champ alternatif $\hat{\Psi}_v$. Les deux phases du rotor, quand il tourne à la vitesse V , sont alors exactement dans les deux cas que nous venons d'envisager; c'est-à-dire que, pendant que le champ du stator varie de

$$0, \quad +\bar{\Psi}, \quad 0, \quad -\bar{\Psi}, \quad 0,$$

le champ de la première phase varie de

$$0, \quad +\bar{\Psi}, \quad 0, \quad +\bar{\Psi}, \quad 0,$$

et celui de la seconde de

$$0, +\frac{\bar{\Psi}}{2}, 0, -\frac{\bar{\Psi}}{2}, 0, +\frac{\bar{\Psi}}{2}, 0, -\frac{\bar{\Psi}}{2}, 0.$$

Les forces électromotrices induites dans chacune des deux phases sont donc de même fréquence $2v$, ont la même valeur efficace $\hat{c}_{2v}$ et sont décalées de 90° .

Or nous pouvons envisager le champ de la première phase autrement, c'est la superposition d'un champ fixe d'intensité $+\frac{\bar{\Psi}}{2}$ et d'un champ variable qui doit être de la forme

$$-\frac{\bar{\Psi}}{2}, 0, +\frac{\bar{\Psi}}{2}, 0, -\frac{\bar{\Psi}}{2}, 0, +\frac{\bar{\Psi}}{2}, 0, -\frac{\bar{\Psi}}{2}.$$

Nous voyons que les champs des deux phases sont de la forme

$$\psi_1 = \frac{\bar{\Psi}}{2} + \frac{\bar{\Psi}}{2} \sin 4\pi \frac{t}{T},$$

et

$$\psi_2 = \frac{\bar{\Psi}}{2} \cos 4\pi \frac{t}{T}.$$

Mais alors nous pouvons les combiner autrement.

Les deux champs $\frac{\bar{\Psi}}{2} \sin 4\pi \frac{t}{T}$ et $\frac{\bar{\Psi}}{2} \cos 4\pi \frac{t}{T}$ sont les composantes d'un champ tournant d'intensité constante $\frac{\bar{\Psi}}{2}$ et tournant dans l'espace à une vitesse $2V$. Le champ alternatif du stator se retrouve dans le rotor comme deux champs d'intensité maximum moitié de celle du stator, l'un fixe, l'autre tournant à la vitesse $2V$; ou bien par rapport au rotor, qui tourne lui-même à la vitesse V , les deux champs tournent à la même vitesse, mais en sens inverse.

Nous arrivons donc d'une manière tangible au théorème bien connu de la décomposition d'un champ alternatif en deux champs tournant en sens inverse à une vitesse correspondante à la fréquence du champ alternatif et d'une intensité maximum moitié de celle du champ primitif.

Comme les champs sont produits par des forces magnétomotrices on peut par conséquent étendre ce théorème aux forces magnétomotrices et remplacer une force magnétomotrice alternative $\mathcal{M}_v$ par deux forces magnétomotrices de valeur $\frac{\mathcal{M}_v}{2}$ tournant en sens inverse à la vitesse V .

D. CHAMPS DE FRÉQUENCE PLUS ÉLEVÉE. — Appliquons maintenant sur une phase du stator la tension $\hat{\mathcal{E}}_{2\nu}$ de fréquence 2ν et entraînons le rotor toujours à la vitesse V . Le stator prendra un courant de magnétisation de valeur efficace

$$\hat{\mathcal{I}}_{2\nu} = \frac{\bar{\mathcal{I}}_{2\nu}}{\sqrt{2}} = \frac{\bar{\mathcal{I}}_{\nu}}{2\sqrt{2}} = \frac{\mathcal{I}_c}{2\sqrt{2}}.$$

La valeur maximum du flux d'un pôle sera $\frac{\bar{\Psi}_{2\nu}}{2}$, champ alternatif que nous pouvons remplacer par deux champs de valeur maximum $\frac{\bar{\Psi}_{2\nu}}{4}$ et tournant par rapport au stator à des vitesses $+2V$ et $-2V$.

Comme le rotor tourne à la vitesse $+V$, il coupera ces champs à des vitesses $+V$ et $-3V$, c'est-à-dire qu'il y aura production de deux forces électromotrices l'une de période ν et de valeur efficace $\frac{\hat{\mathcal{E}}_{\nu}}{4}$, l'autre de période 3ν et de valeur efficace $\frac{3\hat{\mathcal{E}}_{3\nu}}{4}$. La force électromotrice résultante aura donc une valeur efficace

$$\hat{\mathcal{E}}_{\nu,2\nu} = \sqrt{\left(\frac{\hat{\mathcal{E}}_{\nu}}{4}\right)^2 + \left(\frac{3\hat{\mathcal{E}}_{3\nu}}{4}\right)^2} = \frac{1}{4}\hat{\mathcal{E}}_{\nu}\sqrt{10} = 0,791\hat{\mathcal{E}}_{\nu}^{(1)}.$$

II. — Courants de court-circuit.

Maintenant que nous connaissons l'influence des champs du primaire sur les enroulements du secondaire et inversement, revenons à notre premier cas, où une phase du stator est excitée par le courant continu $\mathcal{I}_c$, tandis que le rotor tourne à la vitesse V . Nous avons vu que, dans ce cas, il y a dans chaque phase du rotor une force électromotrice induite $\hat{\mathcal{E}}_{\nu}$ de fréquence ν .

Soient R la résistance ohmique d'une phase du rotor et L son coefficient de self-induction ⁽²⁾;

(1) On sait, en effet, que la valeur efficace de la résultante de plusieurs forces électromotrices de fréquence différente est égale à la racine carrée de la somme des carrés des valeurs efficaces des composantes. Le même théorème s'applique aux courants.

(2) Le coefficient de self-induction défini par $\frac{d\psi}{d\mathcal{I}}$ et que nous réintroduisons ici, était tombé en discrédit par suite de l'usage défectueux que l'on en a fait (par exemple ; en le considérant comme constant pour une excitation donnée dans les machines saturées). A sa place on a introduit la théorie des ampères-tours, réaction, etc.,

ces valeurs seront les mêmes pour une phase du stator puisqu'il est absolument identique au rotor; en d'autres mots, le même courant produira le même champ dans le rotor que dans le stator. La fréquence étant ν , l'inductance est $2\pi\nu L$ et l'impédance $\sqrt{R^2 + (2\pi\nu L)^2}$. Dans ce qui suit nous supposons la vitesse V , et par suite ν , assez grande pour que R devienne négligeable par rapport à $2\pi\nu L$.

A. COURT-CIRCUIT SUR UNE PHASE. — *a. Courant de court-circuit égal au courant de magnétisation.* — Fermons une phase du rotor en court-circuit sur elle-même; c'est le cas d'un alternateur monophasé en court-circuit. Le courant dans cette phase aura pour valeur efficace $\hat{\mathcal{I}}_{\nu} = \frac{\hat{\mathcal{E}}_{\nu}}{2\pi\nu L}$ et l'angle de décalage entre la force électromotrice et le courant $\hat{\mathcal{I}}_{\nu}$ sera sensiblement 90° , puisque $\tan \varphi = \frac{2\pi\nu L}{R} = \infty$. Or la force électromotrice $\hat{\mathcal{E}}_{\nu}$ est elle-même 90° en arrière sur le champ qui la produit; il s'ensuit que le courant $\hat{\mathcal{I}}_{\nu}$ passera par sa valeur maximum au moment où les pôles du rotor et du stator seront en regard; comme les forces magnétomotrices sont alors exactement opposées et les coefficients de self identiques, il faut bien pour qu'il y ait équilibre qu'à ce moment le courant alternatif ait la même

mais toutes ces théories se réduisent à la notion plus générale du coefficient de self

$$L = \frac{d\psi}{d\mathcal{I}} = f\left(\frac{d\psi_1}{d\mathcal{I}}, \frac{d\psi_2}{d\mathcal{I}}, \frac{d\psi_3}{d\mathcal{I}}, \dots\right)$$

et il est évident qu'une juste application de cette notion générale doit mener aussi bien au résultat. Bien que la théorie des ampères-tours soit très plausible et que beaucoup de praticiens diront qu'ils n'ont aucunement besoin de coefficient de self, il ne faut pas oublier que l'habitude y est pour beaucoup et que la notion des coefficients de self-induction n'est certainement pas moins plausible, basée comme elle est sur des variations de flux qui sont les phénomènes les plus essentiels qui se passent dans nos machines.

Pour le moment nous nous bornons à remarquer que pour la machine non saturée, qui nous occupe, avec des pôles entièrement continus, c'est-à-dire avec un pas égal à l'arc, le coefficient $L = \frac{d\psi}{d\mathcal{I}}$ est constant, de façon que le diagramme du cercle (*Behn-Eschenburg*) est complètement applicable.

valeur que le courant continu; par conséquent $\hat{s}_v = s_c$ et $\hat{s}_v = \frac{s_c}{\sqrt{2}}$.

Il s'ensuit la conclusion très importante : *Le courant de court-circuit a la même valeur que le courant de magnétisation.* En réalité, par suite des phénomènes accessoires, ce résultat ne se présente pas d'une manière aussi simple.

b. Influence des périodiques supérieures. — Nous sommes en présence du système suivant : dans le stator un courant continu s_c , dans le rotor un courant alternatif de valeur $\hat{s}_v = \frac{s_c}{\sqrt{2}}$ et ce courant atteint sa valeur maximum (égale s_c) au moment où les deux phases du rotor et du stator sont en regard. A ce moment les forces magnéto-motrices sont égales et opposées; aucun flux ne traverse donc l'entrefer. Puis, un quart de période après, le courant du rotor passe par 0 et le flux dans le stator sera de nouveau $\bar{\Phi}$. C'est exactement le même cas que celui décrit plus haut.

Nous avons vu qu'il se produit alors dans chaque phase du stator une force électromotrice $\hat{e}_{2v}$, de même valeur efficace que celle produite dans le rotor mais de fréquence double.

Seulement la phase du rotor qui sert à l'excitation est nécessairement fermée; il s'y développera donc un courant de fréquence double qui, en se superposant au courant continu, forme avec lui un courant ondulé de valeur efficace égale à la racine carrée de la somme des carrés des deux intensités.

Il est des plus simple de vérifier expérimentalement ce résultat; plaçons dans le circuit d'excitation un ampèremètre à courant continu, un ampèremètre calorique et une résistance de réglage.

Soit $\mathcal{E}_c$ la force électromotrice de la source du courant continu; nous réglons le courant à rotor ouvert jusqu'à ce que la valeur $s_c = \frac{\mathcal{E}_c}{R_1}$ soit accusée par les deux appareils en série. A ce moment la résistance du circuit total est R_1 , soit L_1 sa self-induction. En fermant le rotor alors en court-circuit, on verra que l'appareil à courant continu ne bouge pas, tandis que l'ampèremètre calorique monte. Ce dernier indiquera le courant résultant

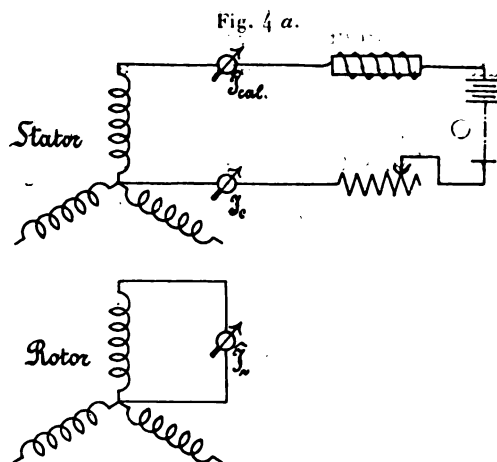
$$\hat{s}_v = \sqrt{s_c^2 + \hat{s}_{2v}^2},$$

où

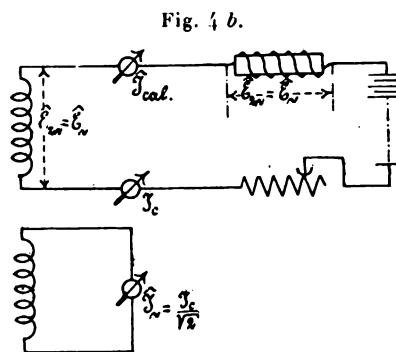
$$\hat{s}_{2v} = \frac{\hat{e}_{2v}}{\sqrt{R_1^2 + (2\pi 2v L_1)^2}}.$$

c. Moyen de supprimer les périodiques supérieures. — Le simple examen de la formule nous indique comment nous pouvons nous débarrasser de ce courant parasite; c'est en augmentant soit la résistance ohmique du circuit, soit sa self-induction.

Comme nous ne pouvons changer la résistance ohmique sans faire varier en même temps le courant continu, il ne reste qu'à monter dans le circuit une bobine de réaction suffisamment forte (fig. 4a) et d'ajuster la résistance de réglage



jusqu'à ce que le courant continu ait repris sa valeur s_c ; on aura rendu négligeable le courant



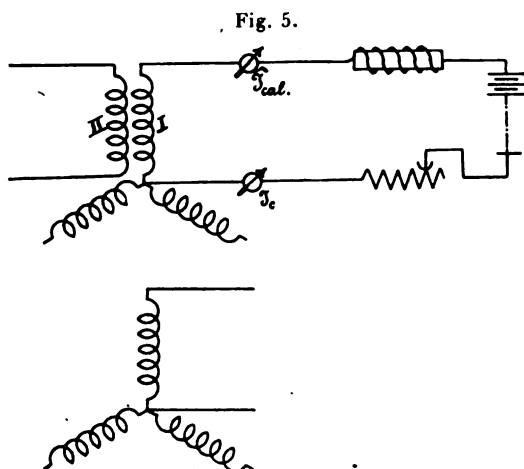
alternatif, du moment que les deux ampèremètres indiquent de nouveau le même ampérage. Et c'est à ce moment qu'on pourra mesurer dans le rotor en court-circuit le courant de valeur efficace $\frac{s_c}{\sqrt{2}}$

et de fréquence purement ν (il est facile d'obtenir pratiquement ce résultat). Du moment que dans la phase du stator il n'y a plus de courant alternatif et, par conséquent, plus de chute de tension, nous mesurons à ses bornes la tension $\hat{E}_{2\nu} = \hat{E}_\nu$ ⁽¹⁾.

Ainsi la machine est ramenée dans ses conditions primitives qui nous permettent d'étudier nettement son fonctionnement.

Avant d'aborder cette étude nous reprendrons le cas général et chercherons ce que devient le courant de court-circuit sous l'influence des périodiques supérieures, si celles-ci ne sont pas rendues négligeables.

d. Méthode générale pour calculer le courant de court-circuit par approximations progressives. — Pour faciliter cette étude, bobinons le stator un peu autrement avec deux fils en parallèle au lieu d'un seul fil. Nous nous servirons du premier fil pour l'excitation et du second pour faire nos observations; au point de vue électrique



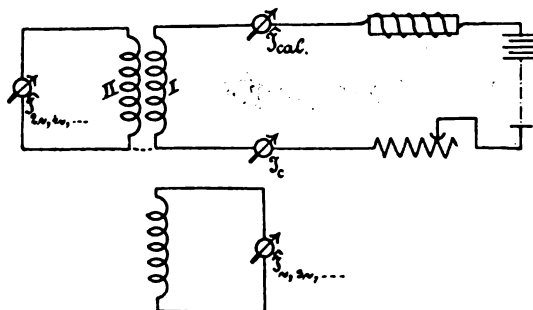
il n'y a rien de changé, le nombre de fils effectifs reste le même (fig. 5).

Nous plaçons de nouveau dans le circuit d'excitation une bobine de self suffisante pour que les deux ampèremètres en série indiquent sensiblement le même courant; alors nous mesurons aux bornes des deux fils bobinés en parallèle la même tension, car, vu la faible résistance ohmique du fil, la tension continue est tout à fait négligeable par rapport à la tension alternative.

(1) On mesurera environ la même valeur de tension aux bornes de la bobine de réaction que nous avons placée dans le circuit (fig. 4 b).

Si maintenant nous fermons aussi le second fil en court-circuit (fig. 6), le courant de fréquence 2ν dans ce circuit engendrera dans le stator une nouvelle force magnétomotrice et un nouveau champ qui va induire de nouveaux courants

Fig. 6.



dans le rotor de fréquence ν et 3ν . Ces courants réagiront à leur tour sur le stator, y induiront des forces électromotrices de fréquence 2ν et 4ν qui, en se développant dans un circuit fermé, y poussent des courants de même fréquence. Ces derniers courants créent de nouveau des champs qui agissent sur le rotor et le rotor réagit à son tour. On voit donc que, tant dans le rotor que dans le stator, se développent des courants de fréquence de plus en plus grande et qu'il n'est pas permis d'écrire simplement $\hat{I}_{\nu \text{ rotor}} = \frac{\hat{I}_c}{\sqrt{2}}$ et $\hat{I}_{2\nu \text{ stator}} = \frac{\hat{I}_c}{2\sqrt{2}}$,

comme si ces deux courants du rotor et du stator ne s'influençaient pas. Il s'agit de déterminer quel sera l'état final d'équilibre. Pour cela, nous allons procéder par approximation progressive; nous supposons d'abord le rotor ouvert et le stator parcouru par le courant continu et le courant alternatif à double fréquence; nous trouvons alors des valeurs pour les courants de court-circuit du rotor. Puis nous ouvrons le stator, nous nous imaginons le rotor parcouru par ces courants et recherchons le nouveau courant de court-circuit du stator; ensuite nous reprenons le rotor ouvert et ainsi de suite. Nous trouverons ainsi une loi suivant laquelle varient les courants de court-circuit dans le rotor et dans le stator, loi qui nous permettra de déduire leurs valeurs finales.

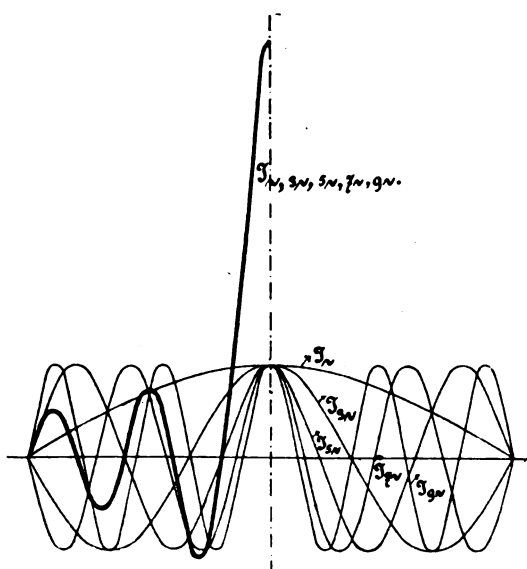
Cette étude donne les résultats suivants :

1° Tous les courants qui se développent dans le rotor sont de fréquence impaire, tandis que les courants dans le stator sont de fréquence paire;

ces courants se produisent en nombre illimité jusqu'à la fréquence infinie.

2° La valeur finale de chacun de ces courants est la même $2\mathcal{J}_c$; la valeur effective du courant résultant, tant dans le stator que dans le rotor, est donc infinie (fig. 7).

Fig. 7.



En pratique, elle sera limitée par dispersion et résistance ohmique, contrairement au cas de la génératrice polyphasée ou de la monophasée avec le fil II ouvert où la valeur du courant de court-circuit dépend surtout de la réluctance du circuit magnétique principal.

B. COURT-CIRCUIT SUR PLUSIEURS PHASES. —

a. Courant de court-circuit et courant de magnétisation. — Dans le premier paragraphe du Chapitre précédent, nous avons constaté que, dans le cas où les périodiques supérieures sont supprimées, le courant de court-circuit a la même valeur que le courant de magnétisation; nous pouvons même aller plus loin et démontrer que le courant de court-circuit n'est rien d'autre que le courant de magnétisation.

En effet, pour un circuit magnétique donné, la force magnétomotrice nécessaire pour produire un flux est la même que celle nécessaire pour l'annuler, le coefficient de self étant le même dans les deux cas. Quoique ce résultat ne comporte rien de nouveau (ce n'est qu'une représentation autre d'un fait connu), il est d'une impor-

tance telle qu'il vaut d'être relevé spécialement.

Il nous dit que si un alternateur, tournant à la vitesse V et excité, produit dans l'induit ouvert une tension $\hat{\mathcal{E}}_v$ et dans l'induit court-circuité un courant de court-circuit $\hat{\mathcal{J}}_v$, la même machine, en tournant comme moteur asynchrone à la même vitesse, mais sans excitation, prend un courant de magnétisation de la même valeur $\hat{\mathcal{J}}_v$ pour une tension aux bornes égale à $\hat{\mathcal{E}}_v$.

b. Machine triphasée. — La disposition de la figure 4a permet d'obtenir nettement la valeur du courant de court-circuit correspondant à l'excitation $\mathcal{J}_c$; ces valeurs sont fondamentales pour le calcul du courant de court-circuit des machines pratiques.

Fig. 8.

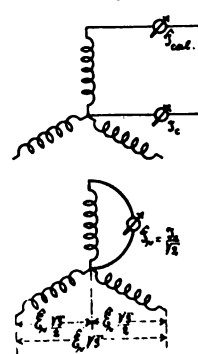
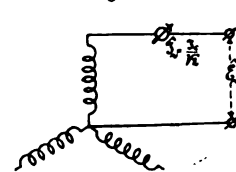


Fig. 8 a.



Court-circuit sur une phase (fig. 8 et 8 a) :

$$\hat{\mathcal{J}}_v = \frac{\mathcal{J}_c}{\sqrt{2}}$$

Fig. 9.

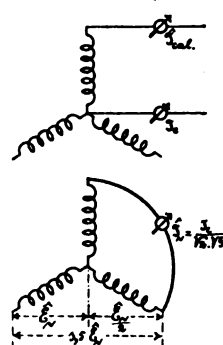
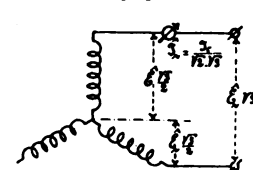


Fig. 9 a.



Court-circuit sur deux phases en série (fig. 9 et 9 a) :

$$\hat{\mathcal{J}}_v = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{\mathcal{J}_c}{\sqrt{2}}$$

10...

Court-circuit sur deux phases séparées (fig. 10 et 10 a) :

$$\hat{I}_v = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{\lambda_c}{\sqrt{2}}.$$

Fig. 10.

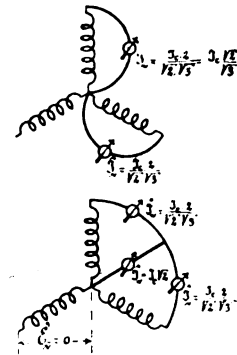
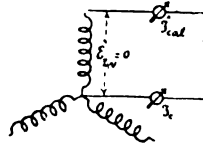
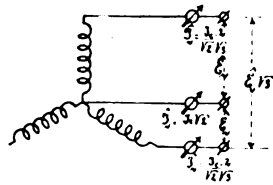
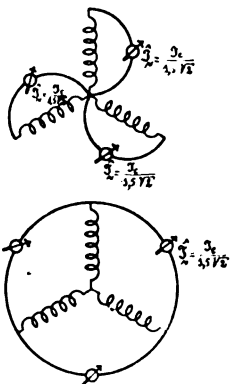
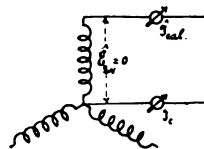


Fig. 10 a.



Quoique les deux phases soient décalées de 120° , les courants ne sont décalés que de 60° (le sup-

Fig. 11.



plément), de sorte qu'il n'y a plus de champ résultant et pas de tension sur la troisième phase ouverte.

Court-circuit sur trois phases (fig. 11 et 11 a) :

$$\hat{I}_v = \frac{1}{1,5} \frac{\lambda_c}{\sqrt{2}}.$$

Fig. 12.

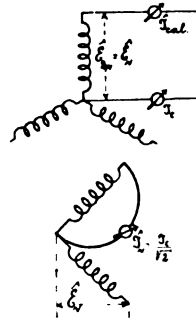
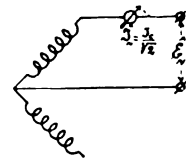


Fig. 12 a.



Remarque. — Les résultats obtenus sont assez frappants. En effet, en fermant une phase en

Fig. 13.

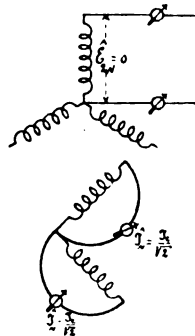
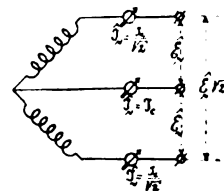


Fig. 13 a.



court-circuit, le courant est plus faible qu'en fermant deux phases séparément (fig. 8 et 10) ;

Fig. 14.

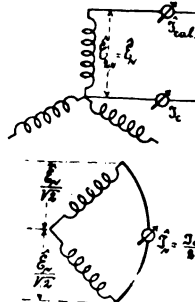
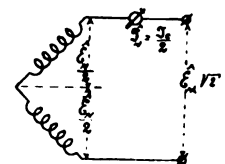


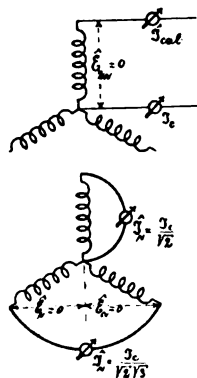
Fig. 14 a.



d'autre part, en fermant deux phases en série, le courant est plus petit qu'en fermant les trois

phases à la fois (*fig. 9 et 11*). De prime abord on aurait pu s'attendre au contraire.

Fig. 15.



c. Machine biphasée. — Court-circuit sur une

phase (*fig. 12 et 12a*) :

$$\hat{\mathfrak{I}}_v = \frac{\mathfrak{I}_c}{\sqrt{2}}.$$

Court-circuit sur deux phases séparées (*fig. 13 et 13a*) :

$$\hat{\mathfrak{I}}_v = \frac{\mathfrak{I}_c}{\sqrt{2}}.$$

Court-circuit sur deux phases en série (*fig. 14 et 14a*) :

$$\hat{\mathfrak{I}}_v = \frac{\mathfrak{I}_c}{2}.$$

Machine triphasée couplée en biphasée (*fig. 15*) :

$$\frac{\mathfrak{I}_c}{\sqrt{2}} \quad \text{et} \quad \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{\mathfrak{I}_c}{\sqrt{2}}.$$

(A suivre.)

J. REZELMAN.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS ⁽¹⁾.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Sur la gazéification des combustibles dans les gazogènes, au point de vue de l'application aux moteurs, par KARL KUTZBACH (*Bull. Soc. d'Encour.*, t. CVII, p. 504-519, 30 avril 1905, d'après *Zeitch. d. Vereines deutscher Ingen.*, 18 fév. 1905).

Ce fut la pensée de recueillir les gaz des hauts fourneaux au lieu de les enflammer qui amena la découverte des gazogènes. Dès 1814, Aubetot, en France, et plus tard, en 1837, Faber du Faur, en Allemagne, utilisèrent les gaz de hauts fourneaux pour le chauffage et eurent même l'idée du gazogène proprement dit, c'est-à-dire indépendant du traitement du minerai. Les premiers gazogènes à peu près parfaits, avec injection d'air et de vapeur, furent construits en France dès l'année 1841 par Ebelmen et peu à peu ces appareils se généralisèrent dans les verreries, les usines métallurgiques et les usines de produits chimiques surtout lorsque Siemens eut montré la possibilité d'élever les températures obtenues en utilisant au chauffage de l'air injecté les chaleurs perdues.

Mais pendant longtemps les gazogènes ne servirent qu'au chauffage des fours et ce n'est qu'en 1862 qu'on essaya, infructueusement d'ailleurs, de les employer à l'alimentation des moteurs à gaz. En 1878, l'anglais Dowson reprit cette idée et l'année suivante il faisait en Angleterre la première application de ses procédés qui depuis se sont répandus un peu partout, mais n'ont pu cependant pénétrer dans les petites installations à cause des multiples appareils qu'ils exigent : chaudière à vapeur, injecteur d'air et de vapeur, gazogène, condenseur à eau, laveur, épurateur à sciure et gazomètre.

On eut alors l'idée d'aspirer la vapeur et l'air dans le gazogène au moyen d'un ventilateur ou du moteur lui-même, au lieu de les y comprimer. Les premiers systèmes de ce genre (Benier, 1894, et Körting) n'eurent pas un très grand succès, mais le succès s'affirma avec le système Taylor et avec le système Gerdes. Aussi, dès 1901, tous les constructeurs de moteurs à gaz se mirent-ils à construire des modèles analogues, de sorte qu'aujourd'hui c'est par milliers de chevaux qu'il faut compter la

⁽¹⁾ Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (1^{re}). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes : BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

puissance fournie par les moteurs aspirants, dont la puissance individuelle dépasse souvent 1000 chevaux.

L'utilisation récente des turbines à vapeur est venue ralentir quelque peu l'élan qu'avait pris la construction des moteurs à gaz. Mais les recherches faites actuellement de tous côtés pour permettre l'utilisation industrielle des turbines à gaz laissent aux systèmes de gazéification des combustibles toute l'importance qu'ils ont acquise dans ces dernières années.

Une magistrale étude publiée par M. Witz en 1903 ⁽¹⁾ a déjà montré que le groupe gazogène-moteur à gaz peut lutter avantageusement avec le groupe chaudière-moteur à vapeur. Dans quelles conditions le premier peut-il soutenir la concurrence du second ? Ces conditions sont évidemment nombreuses, mais peuvent cependant se ramener aux suivantes :

1° Les gazogènes doivent utiliser aussi complètement que possible le combustible, en évitant toute perte de chaleur et en produisant le gaz le mieux approprié au moteur ;

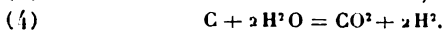
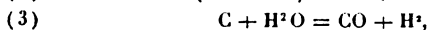
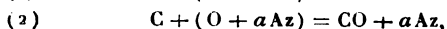
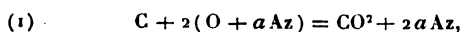
2° Ils doivent présenter la sécurité la plus complète ;

3° Les frais d'installation et d'exploitation doivent être aussi réduits que possible.

Ce sont ces conditions que M. Kutzbach étudie successivement en détail dans son Mémoire ; nous donnons ci-dessous une analyse sommaire des trois Parties qu'il comporte, renvoyant le lecteur désireux de plus amples renseignements au *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, qui en donne une traduction presque intégrale.

I. Dans cette première Partie, l'auteur étudie les phénomènes chimiques et physiques dont un gazogène est le siège.

Les réactions chimiques possibles répondent aux quatre formules suivantes :



Dans la première réaction, la combustion de 1^{kg} de charbon exige 8^m,9 d'air, développe 8080 calories et fournit 8^m,9 d'un mélange renfermant 1^m,87 de CO². Dans la seconde, il faut 4^m,45 d'air et il y a dégagement de 2470 calories ; le mélange formé renferme 1^m,87 de CO pour 5^m,39 de gaz et le pouvoir calorifique de ce gaz est de 1040 calories par mètre cube. Suivant la troisième, 1^{kg} de charbon décompose 1^{kg},5 de vapeur d'eau en fournissant un mélange gazeux dont la combustion dégage 10400 calories (en supposant H transformé en eau liquide) et dont le pouvoir calorifique est très élevé : 2780 calories par mètre cube.

(1) *L'Éclairage électrique*, t. XXX, p. 5 et 41, 5 et 12 janv. 1902 ; t. XXXI, p. 269 et 315, 24 et 31 mai 1905.

D'après la dernière, 1^{kg} de charbon décompose 3^{kg} d'eau en fournissant un mélange gazeux dégageant 9580 calories en brûlant.

Beaucoup de facteurs influent sur la nature de la réaction prépondérante, en particulier la température. Or, on sait que, dans tout phénomène, l'effet produit s'oppose à la cause qui l'engendre ; par suite, une élévation de la température rend prépondérante la réaction qui dégage le moins de chaleur : la réaction (2), si le gazogène est alimenté par de l'air ; la réaction (3), s'il est alimenté par de la vapeur d'eau. Dans les deux cas, le gaz produit deviendra donc d'autant plus riche en oxyde de carbone que la température du gazogène sera plus élevée.

Pour une même température, il y a nécessairement un état d'équilibre entre les deux réactions possibles. Pour la combustion du charbon par l'air, on a sur ce point des données assez précises résultant d'expériences de Boudouard et qui permettent de calculer la teneur du mélange gazeux en CO et CO² d'après la température à laquelle il a été produit. Pour la décomposition de la vapeur d'eau par le charbon, on est moins bien renseigné, les seules expériences faites, dues à Harries, se rapportant à la décomposition de l'eau par le charbon de bois, charbon trop différent de celui que l'on utilise dans les gazogènes pour que l'on puisse appliquer à ceux-ci les résultats trouvés ; on peut cependant en conclure que, au-dessous de 900°, la décomposition de la vapeur et la formation de CO sont très faibles (tandis qu'à cette même température les mélanges gazeux provenant de la combustion du carbone par l'air renferment 96 pour 100 de CO).

D'ailleurs ces données, tout en ayant un intérêt pratique, ne sauraient permettre de déterminer avec beaucoup de précision la composition des gaz fournis par un gazogène dont on connaîtrait la température moyenne. La température est en effet loin d'être uniforme dans un gazogène : croissant d'abord à partir de la grille elle diminue quand on arrive aux couches où ne pénètre plus l'oxygène de l'air. Dans les couches chaudes il peut y avoir transformation en CO du CO² déjà formé dans les couches inférieures moins chaudes ; dans celles-ci il peut y avoir transformation inverse. Tout ce qu'on peut affirmer c'est que le rôle de la température est d'autant plus décisif qu'elle est plus élevée.

Quant à la température à laquelle un gazogène donnera lieu à un fonctionnement économique, elle est très difficile à évaluer. On peut cependant prévoir qu'elle doit être assez élevée. En effet, il est indispensable que la température maximum soit d'au moins 500° avec un gazogène à air, puisque au-dessous le produit de la combustion n'est que du CO², et d'au moins 900° avec un gazogène à vapeur d'eau puisque celle-ci commence seulement à être décomposée à cette température. Or, la distillation de la houille commençant de 500° à 800°, cette distillation est déjà en train, sinon achevée, lorsque la houille arrive aux couches où s'effectue la combustion ; par suite, elle est produite par la chaleur qu'amènent les gaz de la combustion, et dès lors ceux-ci doivent être formés à haute température. Bien entendu, plus la température de combustion sera élevée, plus les pertes de chaleur par rayonnement et par entraînement seront grandes, et moins le rendement de l'installation sera bon.

Une dernière question se pose : des deux gaz combustibles fournis, H et CO, quel est celui que doit désirer le constructeur de moteurs ? La température d'inflammation de H est notablement plus basse que celle de CO ; sa vitesse de combustion est plus grande ; sa vitesse de diffusion est aussi plus grande, de sorte que son mélange avec l'air est plus rapide ; ce sont là des avantages. Mais, d'autre part, H exige, à volume égal, une plus grande quantité d'air que CO pour sa combustion ; en outre, de petites variations dans la teneur en hydrogène ont une grande influence sur la vitesse d'inflammation du mélange, et de notables variations peuvent en-

traîner des interruptions de marche. En conséquence, le constructeur de moteurs demande : ni trop d'hydrogène, afin que la machine ne soit pas trop délicate; ni trop peu, afin de corriger la paresse de CO à s'enflammer, et activer ainsi l'allumage. Pratiquement, dans l'état actuel, la teneur en hydrogène doit être de 10 à 15 pour 100 dans le gaz sortant du gazogène, soit environ 5 pour 100 dans le mélange introduit dans le moteur. Toutefois, l'auteur estime qu'il conviendrait de moins se préoccuper des désirs des constructeurs de moteurs : le fonctionnement des gazogènes ne devrait pas être en vue du moteur à alimenter; c'est, au contraire, le moteur qui devrait être construit de manière à pouvoir utiliser le mélange gazeux donnant le meilleur rendement. Or, il y a des raisons fondées d'augmenter la teneur en hydrogène.

II. La sécurité du fonctionnement de l'installation exige : 1° la possibilité d'une longue durée de marche; 2° l'uniformité du dégagement et de la composition du mélange gazeux produit, même lorsque les charges varient; 3° et 4° l'absence de poussières et de goudron dans les gaz.

1° Pour réaliser la première condition, il faut donner aux gazogènes de justes proportions par rapport à celles de l'installation à desservir. Or, ces proportions dépendent du pouvoir calorifique du combustible employé, de la surface de ce combustible par unité de volume, enfin, de la facilité d'élimination des scories.

L'expérience acquise dans la combustion sur grille peut servir au calcul d'un gazogène en assimilant la grille de ce dernier à celle d'un foyer à faible tirage; on peut admettre la possibilité d'un dégagement de chaleur de 10000^{cal} par heure et par décimètre carré de grille. Connaissant la puissance du moteur à desservir, on pourra donc calculer la surface de grille. On en déduira également le poids du combustible à brûler par heure d'après le pouvoir calorifique de celui-ci. Pour le calcul du volume du gazogène, on admettra qu'il doit contenir assez de combustible pour fonctionner à pleine marche pendant 5 heures; la connaissance du volume occupé par 1^{re} de combustible donnera alors le volume du gazogène. Les dimensions calculées d'après ces données peuvent varier de 3 à 5 suivant la nature du combustible, les dimensions minima correspondant à l'emploi d'antracite menu ou de poussier de houille.

La question de l'élimination des scories est des plus importantes, les scories peu fusibles étant le plus grand obstacle à la marche continue. On empêche leur accumulation soit en utilisant des grilles spéciales facilement pénétrables, soit en produisant une haute température faisant fondre la scorie (procédé utilisé dans les hauts fourneaux mais peu recommandable dans les gazogènes), soit au contraire en les refroidissant brusquement, de manière à les briser, par l'introduction d'un excès de vapeur (c'est le procédé employé dans le gazogène Mond), soit enfin en employant la combustion renversée (procédé qui réussit bien dans les petites installations, mais n'est pas avantageux dans les grandes, car la marche est alors plus difficile à régler). Dans les cas où ces moyens sont insuffisants pour obtenir une marche de longue durée et où pourtant cette condition est demandée, on emploiera des gazogènes de réserve, en communication avec un gazomètre de dimensions suffisantes.

2° Pour obtenir l'uniformité du dégagement et de la composition du mélange gazeux, il faut :

a. Charger régulièrement le combustible et avoir toujours la même hauteur de charbon; les chargeurs automatiques permettent de réaliser facilement cette condition; à défaut de chargeurs automatiques, il est indispensable d'employer un cône de chargement.

b. Maintenir une proportion constante entre l'air et la vapeur introduite. Avec des injecteurs à vapeur il est facile de remplir cette condition. Dans les gazogènes à aspiration la difficulté est plus grande, car au moment du chargement la quantité

de vapeur aspirée diminue; pour compenser cette insuffisance de vapeur on a employé des injecteurs, mais le système perd ainsi de sa simplicité; heureusement que le plus souvent les variations brusques de vitesse et de composition sont rares, l'inertie du courant des gaz sortants donnant lieu à un réglage automatique de l'aspiration.

Toutefois l'auteur fait remarquer qu'il manque encore un accessoire au gazogène : quelque chose d'analogue au manomètre de la chaudière, et qui indiquerait la composition du gaz ou tout au moins sa teneur en hydrogène. Un tel appareil permettrait de savoir s'il convient d'augmenter ou de diminuer la quantité de vapeur introduite.

3° La question de l'élimination des poussières peut être considérée comme résolue. Les grosses poussières se déposent facilement en ralentissant la marche du courant gazeux; les fines sont éliminées par lavage à l'eau (grandes installations) ou par filtration sur des matériaux très divisés (petites installations).

4° L'élimination des goudrons est au contraire beaucoup plus difficile. Les vapeurs goudroneuses se condensent bien en grande partie, mais les derniers brouillards ne sont arrêtés qu'au moyen d'appareils coûteux, analogues à ceux qu'on emploie pour l'épuration du gaz d'éclairage. Or, des quantités même très faibles de goudron encrassent rapidement les conduites et les soupapes et rendent la marche dangereuse.

Un bon procédé d'élimination consiste à décomposer ou à brûler les goudrons dans le gazogène même. Pour cela on peut conduire le gaz sortant du gazogène principal dans un second gazogène contenant du coke incandescent, ce coke pouvant d'ailleurs lui-même provenir de la transformation du combustible utilisé à la fabrication du gaz, comme cela a lieu dans les dispositifs de Crossley, de Deschamps, ainsi que dans toute une série d'appareils qui dérivent de ces derniers.

Une autre voie à suivre pour éviter les goudrons dans les gaz destinés aux moteurs serait de faire deux prises de gaz dans le gazogène, l'une vers le milieu pour avoir le gaz pour force motrice; l'autre à la partie supérieure pour avoir un gaz riche en matières volatiles, que l'on utiliserait à l'éclairage après épuration. Mais cette méthode ne semble guère applicable que dans les grandes installations.

III. Le rendement du groupe gazogène-moteur à gaz est supérieur de 40 à 50 pour 100 à celui du groupe chaudière-machine à vapeur. Mais les gazogènes exigent l'emploi de combustibles spéciaux : anthracite ou coke. Les appareils Mond permettent bien d'utiliser des houilles maigres, mais la purification du gaz est alors si coûteuse et l'entretien si compliqué, que seules les installations de plusieurs milliers de chevaux peuvent les utiliser. Aussi l'auteur conclut-il qu'il y a toujours lieu de rechercher un gazogène utilisant des combustibles quelconques et d'une facilité de conduite assez grande pour pouvoir être utilisé dans les installations de faible importance.

Les principes généraux dans la construction des machines dynamos, par R.-V. PICOU. (Conférence faite le 8 mai 1905, à la Société française de Physique). — M. Picou expose d'abord les trois lois générales bien connues qui président à la construction des machines. Ces lois physiques se traduisent par les trois formules

$$E = n \frac{d\Phi}{dt}, \quad I = \frac{E}{R} \quad \text{et} \quad \Phi = \frac{4\pi ni}{l} \mu S.$$

En outre, il faut satisfaire à une loi $E = f(I)$ qui est la loi d'exploitation.

La première loi peut se simplifier et se mettre sous la forme $E = 4nf\Phi$ ou encore $E = Hlv$, n étant le nombre de spires en tension, f la fréquence de renversement du flux,

H l'intensité du champ, l la longueur du conducteur et v la vitesse. Quant à la formule du flux, M. Picou montre l'interprétation simple donnée par Kapp, $\Phi = \frac{F}{\mathcal{R}}$ quotient de la force magnétomotrice par la réductance, interprétation grâce à laquelle la formule est devenue d'une application courante dans la construction des dynamos.

Dans le calcul d'une machine, on commence par déterminer les dimensions des carcasses; celles-ci sont proportionnelles à la puissance $P = EI$. En introduisant les formules précédentes, la puissance P peut se mettre sous la forme $P = \Lambda dlv\delta H$, Λ étant un facteur numérique, d le diamètre de l'induit, l sa longueur, v la vitesse circonferentielle, δ la densité linéaire de courant en ampères : cm périphérique. On prend en général v voisin de 20^m par seconde. La pratique a montré que dans les meilleures machines δ et H varient très peu avec la puissance et que, d'autre part, on a $d = l$ pour les machines bipolaires et $d = pl$ pour les machines à p paires de pôles. Dans ces conditions il ne reste plus qu'une inconnue, c'est le diamètre.

Les dimensions de l'induit étant connues, il faut déterminer le bobinage. Dans la formule $E = 4nf\Phi$, f et Φ sont donnés puisqu'on connaît v et H . On en tire donc n le nombre de spires en tension. Quant à la section de ces fils, elle se déduit de la densité linéaire δ .

Pour la détermination de l'entrefer ϵ on s'appuie encore sur cette remarque pratique que l'entrefer est très peu différent entre les petites et les grosses machines.

Connaissant le flux utile on obtient le flux total en ajoutant 20 à 25 pour la dispersion. La section à donner aux inducteurs se déduit alors de l'induction $\mathcal{B}$ (on fait travailler le fer ou l'acier à une induction d'environ 12000 et la fonte à 5000).

En ce qui concerne le bobinage des inducteurs, comme la perméabilité est très variable, on a dressé des tableaux donnant, d'après des expériences, $\mathcal{B}$ en fonction de $\frac{ni}{l}$ pour les différents matériaux constituant le circuit magnétique : air, fer, fonte. On mesure la longueur de chacun des circuits et, de la valeur de $\frac{ni}{l}$ trouvée pour une induction $\mathcal{B}$, on déduit le nombre d'ampères-tours ni ; on localise les valeurs trouvées pour chacun des circuits et l'on a le nombre d'ampères-tours nécessaires.

M. Picou examine ensuite la prédétermination des conditions de fonctionnement. Il passe en revue, à ce propos, les différentes caractéristiques $E = f(I)$ des dynamos. Parlant des progrès récents de la métallurgie, il montre que les électriciens en ont profité pour remplacer la fonte par l'acier coulé plus perméable et pour faire travailler le métal à des vitesses périphériques de 100^m à 150^m par seconde. M. Picou indique encore la nécessité de calculer à la fois le groupe moteur-dynamo. Il parle enfin des turbines à grande vitesse angulaire que l'on construit actuellement. La grosse difficulté, lorsqu'on veut actionner des dynamos à ces grandes vitesses, est la réduction du temps de commutation qui peut n'être que $\frac{1}{1000}$ de seconde. L'emploi des machines unipolaires auxquelles on tend à revenir dans cette circonstance paraît être la meilleure solution.

L. J.

État actuel de l'industrie des accumulateurs, par M. JUMAU. (Conférence faite le 23 mai 1905 à la Société française de Physique.) — M. Jumau fait une mise au point de l'accumulateur dans son état actuel en l'étudiant au point de vue tout à fait général de son fonctionnement. Il examine d'abord en détail l'accumulateur au plomb, puis indique les qualités et inconvénients des couples réversibles qui ont été proposés en vue de le remplacer et il termine par des consi-

dérations générales sur la possibilité de trouver un accumulateur supérieur à l'élément au plomb.

Dans l'étude de l'élément au plomb, le conférencier commence par envisager le côté théorique en insistant principalement sur les travaux les plus récents. C'est ainsi qu'il montre qu'au point de vue chimique, c'est la vieille théorie de la double sulfatation qui a seule triomphé de tous les obstacles. Au point de vue thermodynamique, cette théorie donne un accord très satisfaisant avec l'équation d'Helmholtz $E = \frac{W}{23091a} + T \frac{dE}{dT}$, ainsi que l'ont prouvé notamment les travaux de Dolezalek, travaux qui ont porté principalement sur la détermination du terme correctif par la mesure du coefficient de température.

Un des faits théoriques les plus importants est certainement l'application faite, ces dernières années, de la théorie des ions à l'accumulateur au plomb. Chacune des électrodes devant être réversible par rapport à des ions déterminés, on sait que la cathode est réversible par rapport aux ions de plomb bivalents. Quant aux ions de l'anode, Le Blanc admet que ce sont les ions de plomb tétravalents (à 4 charges positives) tandis que Liebenow admet l'existence des ions peroxyde (à 2 charges négatives). Les deux suppositions conduisent à des résultats identiques et rendent compte simplement du processus de décharge et de charge dans le cas de la double sulfatation.

Étudiant la force électromotrice de l'accumulateur au plomb, M. Jumau indique que l'emploi des électrodes auxiliaires a contribué puissamment à accroître nos connaissances sur l'accumulateur. Il rappelle la variation de la force électromotrice avec la concentration, avec la température, pendant les différents états de charge et de décharge, et sa faible dépendance de la variation de composition chimique de la matière active.

Les variations de la résistance intérieure avec la concentration, la température, les différents états de charge et de décharge, etc., sont mentionnées dans le chapitre suivant. Une incertitude est signalée en ce qui concerne l'influence de l'intensité du courant.

Dans l'impossibilité de séparer d'une façon certaine les variations relatives à la force électromotrice et celles relatives à la résistance intérieure, on ne considère guère en pratique que les variations de la différence de potentiel aux bornes. Des détails sont donnés ici sur l'allure des courbes de décharge et de charge, avec explication des phénomènes qui se produisent et séparation des valeurs relatives à l'anode et de celles relatives à la cathode. La variation de la tension en fonction de l'intensité est donnée dans les deux cas pratiques de décharges complètes et de décharges partielles, ce dernier cas étant particulièrement intéressant à envisager dans les éléments pour batteries-tampon. Le problème inverse de la variation d'intensité de charge lorsqu'on maintient constante la tension est également envisagé.

C'est, comme on le sait, le cas pratique des charges à potentiel constant.

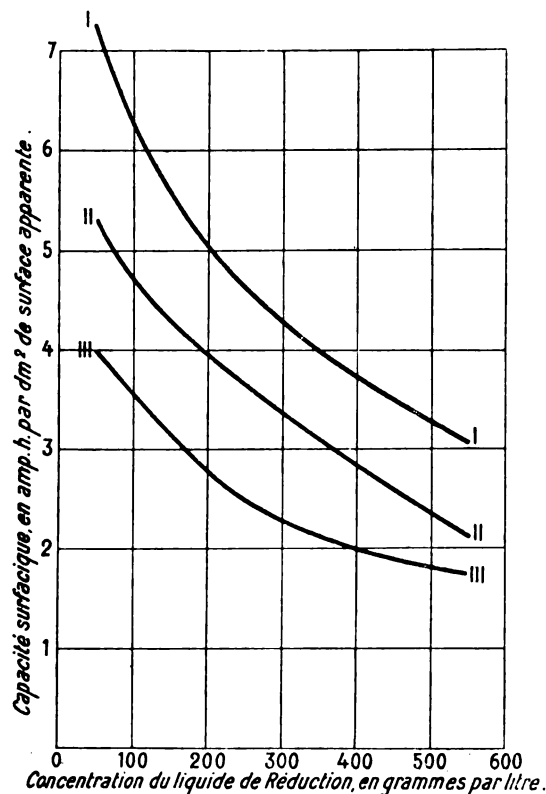
Un des chapitres les plus détaillés est celui de la capacité dont dépendent les applications de l'accumulateur. Le premier point étudié est celui du coefficient d'utilisation de la matière active; puis vient l'influence de l'intensité de décharge sur la capacité.

L'influence de l'épaisseur de la matière active est donnée par des courbes qui se rapportent les unes à l'anode, les autres à la cathode. La variation de la capacité avec la porosité de la matière est ensuite nettement démontrée.

Nous insisterons particulièrement ici sur l'influence de l'état moléculaire de la matière active sur la capacité, influence que M. Jumau a indiquée le premier et qui est particulièrement remarquable à la cathode, sans doute parce que la concentration des ions de plomb bivalents y est beaucoup

plus grande et peut varier dans de bien plus grandes limites que la concentration des ions peroxyde à l'anode. Il est évidemment très remarquable qu'une négative fabriquée dans les mêmes conditions donne des capacités très différentes selon les conditions dans lesquelles on aura opéré la réduction. D'après M. Jumau, cela tient à la grosseur variable des cristaux obtenus. La figure 1 se rapporte à des négatives

Fig. 1.



- I. Densité du courant de décharge 0,383 amp. : dm².
 II. " " 0,766 " "
 III. " " 1,532 " "

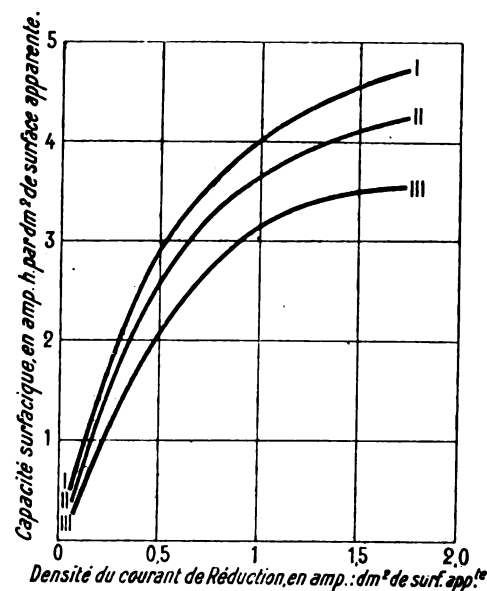
exactement semblables qui ont été garnies de chlorure de plomb puis réduites par le zinc, dans un électrolyte identique, mais avec des intensités variables. On obtient des cristaux d'autant plus gros que l'intensité de réduction a été faible, et la capacité que donne ensuite la plaque est d'autant plus petite que ces cristaux sont gros. Les trois courbes de la figure 1 qui se rapportent à trois intensités différentes de décharge et indiquent la variation de capacité en fonction de l'intensité de réduction montrent l'importance considérable de l'état moléculaire.

Cette influence peut même être mise en lumière avec un sel de plomb beaucoup plus insoluble que le chlorure, avec le sulfate de plomb. Ici également il est très possible de créer par des différences de solubilité des grosseurs variables de cristaux et, par suite, des capacités variables. Les courbes de la figure 2 sont relatives à des plaques empâtées à base d'oxydes et de sulfate et pour lesquelles on a opéré la réduction à la même intensité, mais dans un sulfate alcalin de concentration variable, le sulfate de plomb envoyant en so-

lution dans ce sulfate alcalin plus d'ions de plomb bivalents que dans l'acide sulfurique. Quoique moindre que dans le cas précédent, la variation de capacité est encore très considérable. Les trois courbes se rapportent également ici à des intensités différentes de décharge.

La variation de la capacité en fonction de la concentration de l'acide est étudiée avec quelque détail par le conférencier

Fig. 2.



- I. Densité de courant de décharge 0,45 amp. : dm².
 II. " " 0,67 " "
 III. " " 1,12 " "

qui montre des courbes relatives aux positives et aux négatives. Signalons encore les études se rapportant à l'influence des états antérieurs et à l'influence de la température sur la capacité.

Le chapitre suivant traite de la durée des plaques. En ce qui concerne la variation de capacité des positives en fonction du nombre de décharges, les plaques sont divisées en plaques à grande surface, plaques à oxydes rapportés et plaques mixtes. Des explications sont données sur la chute du peroxyde à la positive et sur le phénomène de contraction de la matière active à la négative.

A propos des actions locales, on sait qu'il y a lieu de distinguer entre les actions chimiques et les actions électrochimiques et aussi les actions dues aux impuretés. Les principales de ces actions sont examinées ainsi que l'influence sur elles de la concentration de l'acide et de la température.

Dans le chapitre relatif au rendement de l'accumulateur au plomb, il est distingué entre le rendement en quantité et celui en énergie. Ces deux rendements sont étudiés dans les deux cas spéciaux de décharges et charges complètes et de décharges et charges partielles (cas des batteries-tampon). L'influence de différents facteurs, et notamment de la température, de l'intensité de la concentration, est également examinée.

Ayant terminé l'étude de l'accumulateur au plomb, M. Jumau passe en revue les différents couples réversibles qui ont été proposés pour remplacer l'élément au plomb; il fait ressortir les avantages et les inconvénients de chacun d'eux.

Il parle des accumulateurs à électrolyte sulfurique (accumulateur zinc-peroxyde de plomb), des accumulateurs à gaz, des accumulateurs aux halogènes. Il insiste particulièrement sur les accumulateurs à électrolyte alcalin dont le couple zinc-potasse-oxyde de cuivre a été le premier spécimen.

Ces accumulateurs ont acquis une certaine importance depuis la découverte des éléments à électrolyte invariable. On appelle ainsi les piles réversibles dans lesquelles l'électrolyte ne participe pas aux réactions chimiques, l'anode et la cathode étant soumises simplement à des actions de réduction et d'oxydation pendant la décharge et à des actions inverses pendant la charge. On attribue ordinairement à E.-W. Jungner (1899) la découverte de cette classe d'accumulateurs. Cependant, c'est G. Darrieus (brevet français 233083 du 27 septembre 1893) qui le premier en a revendiqué l'emploi. Il a spécifié, en outre, le couple bismuth, soude ou potasse, oxyde de cuivre, le couple cadmium, soude ou potasse, oxyde de cuivre, et les électrodes en fer et en nickel. Les accumulateurs brevetés depuis soit par Jungner, soit par Edison, rentrent donc dans ce brevet.

L'accumulateur de cette classe dont on a le plus parlé depuis quelques années est le couple fer, potasse, oxyde de nickel. L'étude critique de cet élément a déjà été faite ici par M. Jumau ⁽¹⁾.

Nous n'y reviendrons pas. De cette étude il résulte que, dans son état actuel, l'élément fer-nickel n'offre de supériorité sur l'accumulateur au plomb que pour les régimes rapides. Mais même dans ces cas particuliers d'application, l'élément fer-nickel n'est pas forcément plus économique que l'accumulateur au plomb, car, s'il est vrai qu'il peut durer davantage que ce dernier, il est d'un prix très supérieur (double ou triple) et a un rendement en énergie beaucoup plus faible. Il convient de remarquer d'ailleurs que le couple fer-nickel en est encore à ses débuts, tandis que l'accumulateur au plomb a déjà un long passé.

Dans les conclusions de sa conférence, M. Jumau indique les limites d'applications possibles avec l'accumulateur actuel et les reproches que l'on fait à celui-ci et qui sont : soit une durée trop faible, soit un poids trop élevé. Il termine en recherchant les qualités essentielles que l'on doit réunir pour obtenir un couple réversible supérieur à l'élément au plomb. A ce propos il étudie spécialement les conditions à réaliser pour avoir une force électromotrice élevée, une grande capacité, un bon rendement et il envisage le côté économique.

Dynamos Rieter de 800 kilowatts à grande vitesse (*Génie civil*, t. XLVII, p. 13, 6 mai). — En vue d'utiliser deux turbines hydrauliques déjà installées et auxquelles elles devaient être accouplées, ces dynamos, qui alimentent la ligne de Martigny à Chatelard (Suisse), ont une vitesse angulaire normale de 500 t : m et doivent pouvoir fonctionner pendant un quart d'heure à 900 t : m. L'induit comporte 132 encoches contenant chacune 8 conducteurs de 15 mm² de section; à 900 t : m sa vitesse linéaire atteint 54 m : s et l'effort centrifuge est de 260^{kg} par encoche. L'enroulement a dû être maintenu dans les encoches par des clavettes en bois paraffiné; du côté des collecteurs, les lamelles de connexion sont solidement fixées et du côté opposé l'enroulement est maintenu par un anneau conique en acier coulé. Des précautions spéciales ont été également prises pour assurer la ventilation du collecteur, de l'induit et des inducteurs. La tension normale de la machine est de 700 à 800 volts; l'induction moyenne atteint alors 12000 dans l'air et 24500 dans la denture. Le poids de chaque machine est de 14¹/₂ dont 760^{kg} de cuivre. Le rendement atteint 93 pour 100 à demi-charge et 95 pour 100 à pleine charge.

BREVETS RÉCENTS.

Machines génératrices : ALGEMEINE ELEKTRICITÄTS GES.

DRP. 160391, 8 mai 1904 (mode de fixation de l'enroulement sur le rotor); BP. 12334 et 12335, 1904 (dynamo). — CALDWELL. USAP. 787561, 3 février 1905 (machine électrostatique). — CAROLAN. BP. 10246, 1904 (appareil électrique). — DARFEUILLE. BF. 350959, 23 janvier 1905 (machines dynamo-électriques). — DAVIES. BP. 12123, 1904 (alternateur). — DEMPSTER. BP. 27637, 1904 (appareil électrique). — EICHORN. BF. 349484, 20 déc. 1904 (dispositif de circuit servant à produire des oscillations électriques). — GAIFFE. BP. 11545, 1904 (bobine d'inducteur). — GUTZMANN. BF. 349806, 31 déc. 1904 (inducteur magnétique avec armature en forme de double T presque fermée). — HOLZ. BP. 7064, 1904 (appareil électrique). — KER et PATERSON. BP. 11141, 1904 (enroulement). — LATOUR. BF. 349558, 27 déc. 1904 (système de bobinage des inducts à collecteur à plusieurs enroulements). — LEHMANN. BF. 350748, 14 janvier 1905; DRP. 160392, 13 sept. 1904 (perfectionnements dans les machines dynamo-électriques). — LEITNER. BP. 349507, 23 déc. 1904 (mode de réglage perfectionné de dynamos à vitesse variable). — LIEBEN (VON) et REISS. DRP. 160883, 16 avril 1904 (machine à courant continu). — MILDÉ et fils. BF. 350577, 6 janvier 1905 (système de montage des connexions des bobines d'induction). — MORS (SOCIÉTÉ). BF. 349776, 31 déc. 1904 (appareil producteur d'étincelles électriques). — PLAGNART. BF. 349506, 23 déc. 1904 (générateur d'énergie électrique). — ROUSSEAU. BF. 350691, 11 janv. 1905 (auto-dynamo). — SERVEAU. BF. 350922, 21 janvier 1905 (perfect. aux machines dynamo-électriques). — SIEMENS-SCHUCKERT. DRP. 160389, 14 fév. 1904 (enroulement pour machines asynchrones); BF. 349793, 31 déc. 1904 (machine à collecteur avec pôles auxiliaires excités en dérivation). — SIMMS BOSCH. BF. 350824, 17 janv. 1905 (perfect. dans les machines magnéto-électriques). — SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES. BF. 360929, 21 janv. 1905 (perfect. dans les machines à courant alternatif). — STRONG. BF. 349468, 22 nov. 1904 (perfect. apportés aux appareils rotatifs producteurs d'étincelles espacées pour leur emploi avec les courants de haute fréquence). — THOMSON-HOUSTON. BP. 11444, 1904 (dynamo). — *Divers* : GALVANISCHE METAL PAPIER FABRIK. DRP. 160390, 4 mars 1904 (balais). — MACLEAN. BP. 10525, 1904 (balais).

Machines transformatrices : BAKER. USAP. 787658,

13 juin 1904 (bobine d'induction). — CAROLAN. BP. 10341, 1904 (redresseur de courant). — CONRAD. BP. 136, 1905 (transformateur). — FAGET. BP. 22752, 1904 (transformateur). — LA COUR et RICH. BP. 7807, 1904 (transformateur). — STEINMETZ. BP. 7066, 1904 (redresseur de courant). — TEILLOUX. BF. 349496, 23 déc. 1904 (procédé de transformation des courants vibrés) — THOMSON (ELIHU). USAP. 781035, 17 sept. 1903 (transformation des courants électriques). — WEINTRAUB. BP. 7065 et 7067, 1904 (redresseur de courant). — **Piles** : HOSKINS. BF. 349632, 28 déc. 1904 (couple thermo-électrique). — WOLF et Co. DRP. 160305, 18 nov. 1903 (thermo-élément).

Accumulateurs : DARFEUILLE. BF. 350928, 23 janv. 1905.

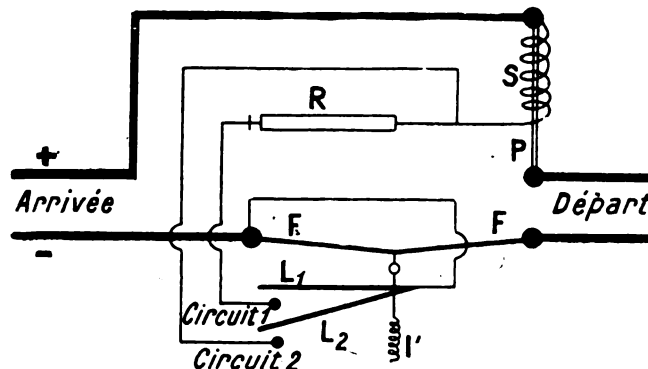
— GARDINER. BP. 27861, 27901, 27904 et 27905, 1904. — JACOB. BF. 349654, 29 déc. 1904. — LA CROIX (DE) et JOEL. BF. 350769, 14 janv. 1905. — PFLUGER ACCUMULATOREN-WERKE. BF. 350602, 7 janv. 1905. — POLZENTUSZ. BF. 350898, 20 janv. 1905 (procédé de fabrication d'accumulateurs). — SIEMENS BROS et Co. BP. 10559, 1904. — THE ROMANOFF SYNDICATE L^{td}. BF. 350505, 3 janv. 1905 (perfectionnements aux accumulateurs électriques).

(¹) *La Revue Électrique*, t. I, p. 2, 15 janvier 1904.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Limiteur de courant Parvillée à circuit de chauffage. — Dans bon nombre d'installations alimentées par des usines hydroélectriques, l'énergie électrique est vendue à forfait afin d'éviter à l'abonné l'achat d'un compteur dont le prix relativement élevé pourrait restreindre la clientèle. Mais il convient alors d'empêcher l'abonné de prendre une intensité de courant plus grande que celle qui correspond à son forfait. On se contente généralement de placer un fusible à l'origine de l'installation; malheureusement on sait

combien le fonctionnement des fusibles est capricieux; de plus ils ont l'inconvénient de rompre brusquement le circuit sans que l'abonné en soit prévenu. — A l'Exposition de Pâques de la Société française de Physique, MM. A. et L. Parvillée présentaient un ingénieux appareil éliminant ces inconvénients; en voici le principe. A l'origine de l'un des conducteurs de l'installation se trouve encore un plomb fusible P; mais ce fusible est enveloppé par un cylindre, entouré par un solénoïde S que traverse un courant dérivé lorsque le courant principal dépasse une certaine limite; dans ces conditions la fusion du fil s'effectue très régulièrement, pour la



même surcharge, dans un temps que l'on peut facilement régler à l'avance. Pour obtenir le courant dérivé nécessaire à la fusion du plomb, un fil dilatable FF est placé en série sur le second conducteur; ce fil est tendu par un ressort r agissant sur deux bras de levier L_1 et L_2 pouvant fermer le circuit du solénoïde de chauffage S. Tant que l'intensité du courant principal ne dépasse pas sa valeur normale, ce circuit reste ouvert; quand au contraire cette valeur est dépassée d'une certaine quantité, 2 ou 3 pour 100 par exemple, le bras de levier L_1 ferme le circuit de S sur une résistance R calculée de manière que la fusion du fusible s'effectue en un temps déterminé, 5 minutes par exemple; en même temps une sonnerie placée sur le circuit de S avertit l'abonné que sa consommation est trop forte: si le courant principal augmente encore et dépasse de 15 ou 20 pour 100 la valeur normale, le levier L_2 met le solénoïde S directement en dérivation, sans résistance intercalée, sur les conducteurs de l'installation, et le fusible est rapidement fondu.

Examen micrographique des caoutchoucs, par P. BREUIL (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1142, 25 avril). — L'examen par transparence n'offre pas de difficultés spéciales pourvu que l'échantillon soit assez mince; l'auteur a surtout étudié par ce procédé des *peaux* obtenues par évaporation de solutions de caoutchouc dans divers solvants ou des lanières minces transparentes. Pour la réflexion il est nécessaire de disposer d'une source lumineuse puissante; un arc de 20 ampères a été utilisé par l'auteur. Parmi les résultats obtenus, signalons que des échantillons variés de caoutchouc souple et d'ébonite préalablement dressés et polis d'après les procédés métallographiques, puis attaqués par l'acide sulfurique et l'acide azotique, ont accusé à l'examen par réflexion une structure superficielle constamment la même, caractérisée, en général, par une apparence réseautée. L'auteur en conclut que l'on a ainsi un moyen de constater la vulcanisation est réussie. Il croit, en outre, que les impuretés et adjuvants du caoutchouc et de la gutta-percha pourraient être assez bien décelés par cette méthode.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : CHAMBERLAIN. USAP. 784782, 12 juin 1903. — CROSSBIE et WARD. BP. 9427, 1904. — CUTLER. USAP. 786414, 786415 et 786416, 19 mai 1904, 22 oct. 1903 et 28 janv. 1904. — GIRAUD. BP. 29064, 1904. — HALLBER. BP. 27209, 1904. — HOFFMANN. USAP. 784328 et 784523, 21 mai et 13 août 1903. — THOMAS. USAP. 783482 et 784016, 7 fév. et 3 mai 1903. — THOMSON. BP. 5014, 1904 (décharge d'énergie). — TURBAYNE. USAP. 787012, 24 juin 1904.

Prises de courant : BORNES, boîtes de jonction : CONSORTIUM FUR ELEKTROCHEMISCHE INDUSTRIE. DRP. 159662, 22 janv. 1904 (contact ou prise de courant). — FOUNTAIN. USAP. 784555, 13 nov. 1902 (boîte de jonction). — HALL. USAP. 785996, 11 nov. 1902 (boîte de jonction). — PERRY. USAP. 785116 (boîte de distribution).

Interrupteurs : BEMILLER. BP. 29538, 1904. — MURDOCK. USAP. 786589, 21 juil. 1904.

Résistances et rhéostats : DUTTON. USAP. 786017, 13 nov. 1902. — FABRNEY. USAP. 787089, 10 janvier 1903. — GENERAL ELECTRIC Co. BP. 9842, 1904. — GOODALL. USAP. 787032, 6 oct 1904. — LEONARD. USAP. 787047, 8 fév. 1904. — POWELL. USAP. 783979, 24 oct. 1904. — YATES. USAP. 783462, 21 juillet 1904.

Coupe-circuit : COOK. USAP. 785797, 9 mars 1904. — EACHUS. BP. 3072, 1904. — HARTFORD. USAP. 783653, 13 juin 1904. — JONES. BP. 13928, 1904. — WETTMORE. USAP. 784722, 22 oct. 1903.

Dispositifs de protection divers : ARNOLD et LA COUR. DRP. 159940, 7 juin 1904 (pare-étincelles). — BOOK. USAP. 783995, 11 avril 1904. — COOK. USAP. 786005, 11 avril 1904. — SCHUCKERT. DRP. 160069, 23 janv. 1903 (dispositif de sécurité pour distribution à courant alternatif). — WILSON. USAP. 787319, 12 mai 1904. — ZAFF. USAP. 784464, 24 mars 1904.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

BREVETS RÉCENTS.

Moteurs : ALEXANDERSON. USAP. 785995, 19 août 1904 (enroulement pour moteur triphasé). — CUTLER. USAP. 786417, 22 janv. 1904 (moteur synchrone). — LATOUR. USAP. 787303, 30 août 1904 (moteur série à courant alternatif). — MITCH. USAP. 787305, 12 oct. 1903 (moteur à courant alternatif). — STEINMETZ. USAP. 787227, 5 oct. 1903 (moteur). — **Démarrage, régulation et freinage** : BARNUM. USAP. 786401, 31 janv. 1902 (contrôleur pour moteur). — CUTLER. USAP. 786418, 19 mai 1904 (procédé pour varier la vitesse d'un alterno-moteur). — EASTWOOD. USAP. 786635, 21 mars 1904 (contrôleur). — GILMORE. USAP. 786752, 15 sept. 1904 (contrôleur). — LAYMAN. USAP. 787336, 3 sept. 1903 (procédé de mise en marche pour moteur d'induction monophasé avec bagues et collecteur, consistant à le faire démarrer comme moteur à répulsion, puis à le transformer graduellement en moteur d'induction). — MACKINTOSH. USAP. 786506, 17 fév. 1904 (commutateur pour contrôleur de moteur). — NILSON. USAP. 786775, 10 juin 1904 (contrôleur). — STIVERS. USAP. 786323, 12 nov. 1904 (contrôleur). — YATES. USAP. 785994, 14 sept. 1904 (rhéostat de démarrage et contrôleur).

Machines et appareils : CHANDEYSSON. USAP. 786628, 13 fév. 1904 (appareil indiquant la position exacte d'un train sur la voie). — CUTLER. USAP. 786411, 786412, 786413 et 786425, 5 août 1903, 2 mars et 2 juillet 1904, 23 juillet 1903 (accélérateur de vitesse). — FISCHER. USAP. 787091, 3 sept. 1901 (horloge électrique). — GERTSMANN. USAP. 787029, 21 juillet 1902 (appareil pour prévenir les collisions entre trains). — GOMBORROW. USAP. 786024, 15 sept. 1904 (contrôle à distance). — HAWKINS. USAP. 787293, 30 sept. 1904 (contrôleur). — PAULERO. USAP. 786146, 22 sept. 1904 (marteau électrique). — ROBERTSON. USAP. 787344, 13 août 1902 (avertisseur d'incendie). — STEINBERGER. USAP. 786691, 24 août 1904 (tendeur). — WILLIAMS. USAP. 785926, 12 mai 1904 (embrayage à friction). — WORTHY. USAP. 784649, 3 nov. 1904 (avertisseur pour chemins de fer).

Signaux : CLARK. USAP. 784250, 4 janvier 1905 (signal pour locomotive). — CULP. USAP. 783996, 25 juin 1904 (avertisseur contre le vol). — DESPRADELS. USAP. 784388, 19 nov. 1902 (appareil pour signaux électriques). — DORLON. USAP. 785294, 23 avril 1904 (signal pour chemin de fer). — HANLON. USAP. 785098, 11 août 1904 (signal pour chemin de fer). — HOWE. USAP. 783376, 23 avril 1904 (avertisseur thermo-électrique). — JACKSON. USAP. 782751, 9 janv. 1904 (signal automatique pour chemins de fer). — JACOBS. USAP. 783279, 18 avril 1904 (commutateur pour signaux électriques). — LANE. USAP. 784865, 21 déc. 1904 (signal pour voie de chemin de fer). — LINTERN. USAP. 782455, 28 nov. 1904 (signal pour voiture de chemins de fer). — MAC GAHAN. BP. 26887, 1904 (avertisseur). — MALOCH. USAP. 782787, 16 décembre 1903 (avertisseur pour porte). — MÖDECK. USAP. 781444, 10 mars 1904 (avertisseur pour meunerie). — PEDERSEN. USAP. 12313, 20 juin 1902 (signal pour appareils de levage). — ROOME. USAP. 781161, 17 nov. 1903 (signal pour chemins de fer). — SCHICK. USAP. 783141, 21 avril 1904 (signal thermo-électrique). — SCHREIBER. USAP. 780622, 25 avril 1902 (signal pour chemins de fer). — SUGRUE. BP. 2277, 1904 (avertisseur pour chaudière). — SOUDER. USAP. 782285, 16 mai 1904 (lampe signal). — TRAYLOR. USAP. 782884, 9 nov. 1904 (signal pour chemins de fer). — VIRGIN. BP. 27114, 1904 (aiguillages). — WENKER. BP. 13463, 1904 (block-système). — WILSON. USAP. 779895, 10 fév. 1902 (signal pour chemins de fer). — WILSON et MARSHALL. BP. 2288, 1904 (signaux électriques).

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie : DANIEL (Mac). USAP. 787107, 10 déc. 1903 (isolateur pour ligne télégraphique ou téléphonique). — EHRET. USAP. 785803 et 785804, 10 fév. 1904 (procédé pour transmettre la pensée). — FIELD. USAP. 785941, 14 janv. 1905 (relais). — *Télégraphie sans fil* : HAMMEL. USAP. 781823, 4 sept. 1903. — HOFFMANN. DRP. 159548, 27 sept. 1904 (bobine pour télégraphie sans fil). — MARCONI'S WIRELESS TELEGRAPH COMPANY, LIMITED, 1904 (transmetteur). — ROCHEFORT ET SOCIÉTÉ ANONYME D'ELECTRICITE ET D'AUTOMOBILES MORS. DRP. 159112, 14 août 1903 (cohéreur). — SLABY. USAP. 785276, 27 sept. 1901 (récepteur de télégraphie sans fil combiné avec microphone). — SQUIER. USAP. 782181, 10 nov. 1904. — STONE. BF. 348524, 348525, 348526, 348527 et 349349, 23 nov. et 26 oct. 1904 (télégraphie sans fil et méthode perfectionnée pour augmenter la radiation effective des ondes électromagnétiques); BP. 23090, 25637, 25640, 29142, 29143, 29144, 1904. — STROUD. USAP. 782366, 5 oct. 1903 (antenne). — THOMPSON et MERCHANT. USAP. 785338, 17 août 1903 (dispositif pour augmenter progressivement le rayon d'action des ondes électromagnétiques). — VREELAND. USAP. 783712, 12 nov. 1904 (récepteur). — WEINTRAUB. BP. 27887, 1904 (transmission sans fil). — WRIGHT. USAP. 783490, 26 mai 1902 (oscillateur).

Téléphonie : ADRIANO. USAP. 784292, 21 nov. 1903 (commutateur téléphonique). — BABCOCK. USAP. 782376 et 782944, 14 et 19 nov. 1903 (système téléphonique). — BEEVER. USAP. 783354, 20 avril 1903 (commutateur). — BIRNBAUM. BP. 28629, 1904 (tableau pour téléphone). — BOURDIL. BF. 349059, 7 mars 1905 (système de microphone). — BUELL. USAP. 783419, 2 mai 1904. — CAMPBELL. USAP. 782323, 21 juin 1904. — CHANE. USAP. 782828, 31 août 1903. — DAVIS. USAP. 712382 et 783510, 20 mai 1903. — EISENSTEIN. BF. 348596 (transmetteur pour téléphonie sans fil). — FRIEDLAENDER. BP. 3523, 1904. — GRAMM. DRP. 159769, 8 avril 1904 (commutateur). — GEYERMANN. USAP. 784557, 29 avril 1904 (appel). — GEBLER. DRP. 159201, 25 mai 1904. — HAMMER. USAP. 783861, 25 janv. 1904 (commutateur). — HABERLEIN. DRP. 159779, 13 sept. 1904 (microphone). — HENSE. DRP. 159546, 13 nov. 1903. — JACKSON. USAP. 785103, 30 juin 1903. — JACQUES. USAP. 781207, 3 nov. 1904 (relais téléphonique). — KAISLING. USAP. 783283, 19 fév. 1903 (récepteur). — KITSEE. USAP. 781888, 4 avril 1901; 785673 et 785674, 24 fév. 1902; 785674, 9 juil. 1904 (système téléphonique). — LEE. BP. 7676, 1904. — MASON. USAP. 785624, 29 nov. 1904 (pupitre). — MERK. DRP. 159886, 21 mai 1901. — MIX et GENEST. DRP. 159456, 5 juil. 1903 et 159582, 21 sept. 1904 (condensateur pour téléphone); 159780, 13 avril 1904 (commutateur). — NATHAN et NEWLAND. BP. 1081, 1904. — NORSTROM. USAP. 783302 et 784498, 10 avril 1900 et 18 mai 1903 (tableau téléphonique automatique). — O'CONOR et MAC NEIL. USAP. 784588, 13 fév. 1904. — PARKER et ADAM. BP. 6030, 1904. — PARSONS. USAP. 784175, 16 fév. 1903 (répétiteur téléphonique automatique). — PENNELL. USAP. 779497 (téléphone). — PORT. BP. 8262, 1904. — RASCHOFER. DRP. 159458, 24 juin 1904 (tendeur pour fils téléphoniques). — REDMON, HALL, CONWAY et SMITH. DRP. 159457, 3 janvier 1904 (commutateur). — ROSE. USAP. 782419, 21 novembre 1904 (commutateur). — SIEGFRIED. USAP. 779504. — SMITH. USAP. 781237, 23 février 1901. — SIEMENS et HALSKE. DRP. 159113. — SOCIÉTÉ DE MATÉRIEL TÉLÉPHONIQUE. BF. 348401, 8 février 1904 (récepteur). — STOCK et C^e. DRP. 160066, 160067 et 160171, 17 juillet, 26 août et 16 juillet 1904 (appel et commutateur). — SLO-UM. USAP. 781793, 22 juin 1904 (récepteur hygienique).

ÉCLAIRAGE.

Le tantale, sa préparation ses propriétés, par le Dr von BOLTON (*Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. XI, p. 45, 20 janvier 1905). — Les essais qui ont précédé l'application du tantale à la fabrication des lampes à incandescence dont il a été parlé récemment dans cette *Revue* (t. III, p. 53 et p. 157, 30 janvier et 15 mars 1905) ont amené M. von Bolton à faire sur ce métal des recherches très complètes qu'il expose dans cet article. Après quelques mots d'historique il décrit les différents procédés de préparation. Parmi ceux-ci citons seulement un procédé de réduction électrolytique du tétraoxyde de tantale. On constitue avec cet oxyde brun des filaments que l'on fait traverser par le courant après avoir fait le vide dans l'enceinte. Le vide est prolongé pendant l'échauffement progressif du filament jusqu'au rouge blanc. Il se dégage alors de l'oxygène et l'oxyde se transforme en métal pur de couleur grise. Ce métal fond à 2250°-2300° C. Sa chaleur spécifique est de 0,0365. Le poids spécifique du métal pur en barres est 16,64, celui d'un fil de 0,05 de diamètre est de 16,5. Le coefficient de dilatation linéaire est égal à 0,000079. La résistance d'un fil de 1^m de long et de 1^{mm}² de section est de 0,165 ohm, d'après Pirani, avec des variations de 5 pour 100 en plus ou en moins. Le coefficient de température est de 3 pour 100 entre 0° et 100° et de 2,6 pour 100 entre 0° et 350° C. La résistance du fil ci-dessus devient 0,855 ohm à la température d'incandescence (pour 1,5 watt de consommation par bougie Heffner).

Dans la série de tension, le tantale se place entre le platine et l'argent. Pirani a trouvé en effet que, dans l'acide nitrique étendu, il est plus électro-négatif que le platine et plus électro-positif que l'argent, mais plus voisin de ce dernier. Le module d'élasticité est de 19000^{kg} par millimètre carré, d'après les mesures de Pirani sur un fil de 0,08 de diamètre. La charge de rupture est de 93^{kg} pour un fil de 1^{mm} de diamètre. La charge augmente avec les fils fins; elle est de 150^{kg} à 160^{kg} par millimètre carré pour un diamètre de 0,05. L'allongement n'est à ce moment que de 1 à 2 pour 100.

Le point de fusion élevé du tantale, sa faible pulvérisation électrique dans le vide et sa grande ductilité permettent l'utilisation de ce métal dans les lampes à incandescence. On peut faire des fils ayant 0,05 et même 0,03 de diamètre. Une lampe de 24 à 27 bougies Heffner, consommant 0,35 ampère sous 110 volts, a un filament de 650^{mm} de longueur pour 0,05 de diamètre. La consommation est de 1,5 watt par bougie.

D'après Feuerlein la durée utile est de 400 à 600 heures, avec une baisse de 20 pour 100 en intensité lumineuse, la consommation restant de 1,5 watt par bougie en moyenne. Pendant les 100 premières heures il y a une augmentation de l'intensité lumineuse, tandis que la consommation baisse à 1,3 watt par bougie; celle-ci croît ensuite jusqu'à 1,8 à 2,0 watts par bougie à la limite de durée utile; mais la lampe peut continuer à brûler 1000 à 1500 heures. L'auteur termine en indiquant les propriétés chimiques du tantale.

Perfectionnements aux lampes à incandescence (*Bulletin de la Société belge d'Électriciens*, t. XXII, p. 348-352, mai). — Dans cet article, l'auteur, M. Léon Versé, passe en revue les nouvelles lampes à incandescence : Nernst, Boehm, Auer, Siemens au tantale, lampe au zircon et lampe à vapeur de mercure. La plupart des renseignements qu'il renferme ont déjà été publiés dans ces colonnes; nous n'y trouvons guère que les suivants qui soient nouveaux, et encore partiellement, pour nos lecteurs :

Lampe Auer. — On est parvenu récemment à fabriquer des lampes à l'osmium de 25 et 32 bougies à 110 volts, fonctionnant dans des conditions satisfaisantes avec une durée minimum de 1500 heures. Le filament est enroulé en spirale

et n'a que 0,03 dans certains cas. Il existe également des lampes de mine à 2 volts, fonctionnant avec un seul accumulateur.

Lampe Nernst. — On construit actuellement des lampes Nernst à 500 volts, prenant un quart d'ampère et consommant 1,3 watt par bougie. Ce sont donc des lampes de 125 watts donnant environ 95 bougies. Ces lampes pourront être employées directement sur les circuits de traction pour l'éclairage public.

Lampe Boehm. — Cette lampe, exploitée par la Internationale Boehmlicht Gesellschaft, de Berlin, est du genre Nernst. Les bâtons lumineux sont obtenus au four électrique et arrivent par ce procédé à être tellement durs, clairs et résistants, qu'ils peuvent brûler pendant 700 heures et davantage sans que l'émission de la lumière diminue et sans que l'intensité du courant augmente. Les consommations sont, d'après des essais officiels, de 1 à 0,8 watt par bougie. Cette lampe peut se fixer sur une douille de lampe à incandescence ordinaire, même pour des intensités lumineuses de 400 bougies. Elle comporte un ou plusieurs filaments suivant sa puissance, elle fonctionne aussi bien à 110 volts qu'à 220 volts et peut être alimentée soit par le courant continu, soit par le courant alternatif. Aux essais, des lampes de 110 à 120 volts, consommant 0,4 ampère, donnaient respectivement 40 et 80 bougies, en consommant par suite 1,1 watt par bougie; les lampes prenant 0,8 ampère ne consommaient plus que 0,9 watt par bougie.

BREVETS RÉCENTS.

Lampes à arc : ANDREWS. BP. 4937, 1904. — BATAULT. BP. 348981, 29 fév. 1904 (perfectionnements aux lampes à arc à courant continu et alternatif). — GENERAL ELECTRIC CO. BP. 6040, 6041, 6042 et 7662, 1904. — JACKSON. USAP. 787043, 23 sept. 1904. — MARQUETTE ELECTRIC CO. BP. 28409, 1904. — MURE, CALMANN-GIRARD et OLLIER. BP. 349343, 24 déc. 1904 (lampe à arc de basse intensité pour la marche en tension et en dérivation sur les courants continu et alternatif). — NAGEL. USAP. 783974, 14 av. 1904. — NEW CENTURY ARC LIGHT CO. DRP. 159549, 10 fév. 1903. — OLIVER. USAP. 785516, 29 fév. 1904. — ROSEMEYER. BP. 28628, 1904. — SCOTT. USAP. 785980, 14 oct. 1903. — SIEMENS-SCHUCKERT. DRP. 159752, 23 déc. 1903 (lampe à arc à courant alternatif). — THOMAS. BP. 8777, 1904. — WEINERT. DRP. 159383, 29 mai 1905. — **Charbons :** BLONDEL. DRP. 160892, 5 mars 1903 (presse pour charbons-lumière). — DEMPSTER. BP. 26915, 1904. — HARDEN. BP. 26918, 1904. — LINDSAY. BP. 26920, 1904. — LUBBERS. DRP. 159832, 13 av. 1904 (porte-charbon). — ROBERTS. USAP. 786518, 25 mars 1903 (charbon et procédé de fabrication). — STEINMETZ. BP. 26916, 1904. — **Suspensions, régulateurs et accessoires :** CAZIN. USAP. 786727, 2 fév. 1903 (appareil pour la fabrication des globes de lampes à arc). — D'OLIER. USAP. 783742, 8 mars 1904 (suspension). — FOURNIER. DRP. 158867, 9 juillet 1903 (régulateur automatique pour lampe à arc). — KEMMERER. USAP. 783526, 25 oct. 1902 (support de lampe). — MEYER. DRP. 158868, 11 nov. 1903 (suspension pour lampe à arc).

Lampes à incandescence : Lampes à filament : SIEMENS et HALSKE. DRP. 159027, 6 avril 1904 (lampe à filament métallique). — THOMPSON. BP. 27713 et 27714, 1904. — WATT, SCHARF et C^{ie}. DRP. 159295, 28 juin 1904. — ZERNOWSKY. DRP. 159311, 15 déc. 1903. **Lampes à vapeur ou à gaz :** COOPER HEWITT ELECTRIC COMPANY. BP. 3657, 1904. — COOPER HEWITT. USAP. 780997, 9 février 1903; 780998, 5 avril 1900; 780999 et 781000, 25 avril 1903; 781001 et 781002, 15 mai 1903; 781603, 24 sept. 1903; 781605, 1^{er} juil. 1904; 781606, 28 juil. 1904 (applications diverses de la lampe à vapeur de mercure).

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

Réduction électrolytique des acides nitrocinnamiques, par C. MARIE (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1248-1250, 8 mai 1905). — D'après les expériences relatées dans cette Note, les acides méta et paranitrocinnamiques donnent, par électrolyse en solution alcaline, les acides azoxy correspondants. La position du groupe nitro ou amino a une influence très nette sur la facilité d'hydrogénation de la chaîne latérale. Les dérivés para donnent beaucoup plus facilement que les dérivés méta les corps correspondants de la série hydrocinnamique.

Sur la température économique d'électrolyse des solutions de sulfate de cuivre, par CH.-F. BURGESS. Communication présentée au Congrès de Boston de l'American Electrochemical Society (*Electrochemical and metallurgical Industry*, t. III, p. 173, mai). — La chute de potentiel entre deux électrodes d'un bain de raffinage électrolytique de cuivre est la somme de la force électromotrice de polarisation et de la différence de potentiel créée par le passage du courant; le premier terme est très petit et peut être considéré comme pratiquement indépendant de la température; le second, plus important, dépend au contraire de la température et décroît quand celle-ci croît. Bancroft a montré, il y a quelques années, qu'en opérant avec des électrodes de cuivre distantes de 1^{cm} et avec une solution contenant 16 pour 100 de sulfate de cuivre cristallisé et 9 pour 100 d'acide libre, la chute de potentiel, pour une densité de courant de 3,5 ampères par décimètre carré, diminue de moitié quand la température s'élève de 20° à 70°, et il en concluait que dans les raffineries de cuivre il y aurait économie à opérer l'électrolyse à une température plus élevée que celle adoptée ordinairement. M. Burgess conteste qu'il soit possible de tirer de l'expérience de Bancroft, où la distance entre les électrodes était de 1^{cm}, une conclusion relative à ce qui se passera dans un bain de raffinage, où la distance entre électrodes atteint jusqu'à 5^{cm}. Pour que cette conclusion fût exacte, il faudrait que la chute de potentiel diminuée de la force contre-électromotrice de polarisation fût proportionnelle à la distance des électrodes et par conséquent ne dépendît que de la résistance ohmique de la couche d'électrolyte située entre elles. Or, Gore a montré qu'à la surface de contact d'une électrode et d'un électrolyte doit exister une résistance, la *résistance de transfert*. Les expériences de M. Burgess ont d'ailleurs montré que la conclusion de Bancroft ne pouvait être acceptée, car, en opérant avec des écarts d'électrodes différents, il a trouvé que la diminution de la chute de tension avec l'accroissement de la température dépend de cet écart : elle décroît à mesure que l'écart augmente. Ces résultats expérimentaux semblent donc confirmer l'existence d'une résistance de transfert ayant une part prépondérante dans la chute de potentiel entre électrodes et ayant un coefficient de température plus grand que la résistance ohmique de l'électrolyte. M. Burgess a constaté en outre, par diverses expériences, que l'effet de la température dépend aussi du degré d'acidité de la solution électrolytique : ainsi, avec un bain neutre, cet effet est indépendant de l'écart des électrodes, c'est-à-dire que dans ce cas la résistance de transfert serait négligeable. Pour se rendre compte de la grandeur de la chute de potentiel produite par cette résistance de transfert dans les solutions acides, M. Burgess a étudié au moyen d'une électrode auxiliaire la variation de la chute de potentiel; il a trouvé ainsi que la somme des variations de potentiel aux deux surfaces de contact des électrodes et de l'électrolyte est de 0,2 volt, alors que la force contre-électromotrice de polarisation n'était que 0,02 volt.

MESURES ET ESSAIS.

Appareil de mesure de la densité électrique superficielle pour les applications médicales, par L. BENOIST (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1106, 17 avril). — L'appareil, que l'auteur appelle un *électro-densimètre*, se compose d'un électromètre et d'un disque d'épreuve. L'électromètre est constitué par deux plateaux parallèles, dont l'un, fixe et isolé, porte un feuille d'or et est surmonté d'un cylindre de Faraday, et dont l'autre peut se rapprocher plus ou moins du premier jusqu'à ce que la capacité de l'appareil soit exactement de 10⁻¹⁰ pour un angle de divergence de 45°. Pour faire une mesure on applique le plan d'épreuve sur la région du corps électrisé dont on veut la densité électrique, on introduit ce disque dans le cylindre de Faraday et on lit l'angle d'écart de la feuille d'or, lecture qui peut se faire à un demi-degré près. Une graduation en unités C. G. S. donne d'ailleurs immédiatement la valeur de cette densité dans ce système d'unités. L'appareil est spécialement destiné au dosage de la *franklinisation* (opération consistant à charger d'électricité le corps du malade en le mettant en communication avec un pôle d'une machine statique). Pour cela on mesure la densité électrique sur une région du corps bien déterminée. M. Benoist conseille de la prendre sur la face dorsale ou palmaire de la main tendue. Dans les conditions ordinaires où l'on applique la franklinisation cette densité est de quelques unités C. G. S. (1).

Pile étalon de faible force électromotrice, par G.-A. HULETT. Communication faite au Congrès de Boston de l'American Electrochemical Society (*Electrochemical and metallurgical Industry*, t. III, p. 184, mai). — Cet élément est formé de cadmium, sulfate de cadmium et amalgame de cadmium contenant 5 à 13 pour 100 de ce dernier métal. Sa force électromotrice est pratiquement constante et indépendante de la teneur de l'amalgame dans les limites ci-dessus. Elle diminue quand la température s'élève; son coefficient de température est de $-0,00024$ volt par degré. Ce coefficient est relativement élevé mais cela n'a pas d'importance pour la précision des mesures car l'auteur a reconnu que l'élément plongé dans un bain d'eau prend très exactement la température de ce bain en moins de 15 minutes. Le seul inconvénient de cet étalon est la faiblesse de sa force électromotrice : 0,05175; mais cet inconvénient devient un avantage dans certaines études comme celle des couples thermo-électriques.

(1) Pour cette raison et pour la commodité du langage, M. Benoist éprouve la nécessité de créer un nom pour désigner l'unité C. G. S. de quantité d'électricité : le *franklin*, et il gradue son électrodensimètre en franklins par centimètre carré. C'est aller un peu vite en besogne, car, d'après une décision prise récemment au Congrès international d'Électricité de Saint-Louis, tout ce qui concerne les grandeurs et unités électriques, et en particulier les dénominations qu'il paraîtrait utile de créer, doit être soumis à une Commission internationale, laquelle n'est pas encore constituée. Malheureusement il est à craindre que le monde médical, où les noms nouveaux paraissent fort en honneur si l'on en juge par le nombre de ceux créés récemment pour désigner des maladies anciennes, n'attende pas l'avis de la Commission internationale et que nous ne soyons obligé d'ajouter inutilement un nouveau nom à la liste déjà bien longue des noms d'unités électriques.

DIVERS.

Sur la résistance des fils métalliques pour les courants de haute fréquence, par A. BROCA et TURCHINI (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1238-1241, 8 mai). — Les auteurs ont soumis au contrôle de l'expérience, pour des fréquences variant de 142000 à 380000, la formule donnée par lord Kelvin pour le calcul de la résistance d'un conducteur cylindrique aux courants alternatifs. Pour cela, ils font passer un courant alternatif d'intensité efficace I_a , puis un courant continu d'intensité I_c dans un fil, ces intensités étant réglées de manière à avoir, dans les deux cas et dans le même temps, le même échauffement du fil, échauffement évalué de deux façons : en enfermant le fil dans un long tube (80^{cm}) formant l'une des branches d'un thermomètre de Leslie, et plus simplement en mesurant avec un microscope la variation de la flèche du fil tendu par ses deux extrémités. D'autre part, ils mesuraient à un facteur près les valeurs de I_a et de I_c en faisant passer les courants dans un électrodynamomètre spécial qu'ils ont décrit antérieurement (*Comptes rendus*, t. CXXXVI, p. 1644); le rapport des deux déviations leur donnait le rapport des carrés des intensités produisant le même échauffement. Ce dernier rapport étant l'inverse des résistances R_c et R_a opposées par le même fil au passage du courant continu et du courant alternatif dans la première partie de l'expérience, ils connaissaient ainsi le rapport des résistances et le comparaient au résultat du calcul par la formule de Kelvin. Les deux dernières colonnes du Tableau suivant donnent les résultats de cette comparaison pour un fil de cuivre de 0^{mm},59 de diamètre; la première donne la valeur correspondante de la variable $x = \rho \sqrt{4\pi c \omega \mu}$, introduite pour le calcul (voir MASCART, *Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme*, t. I, p. 716), où ρ désigne la résistivité, c la conductivité, μ la perméabilité (ici égale à 1) et ω le produit de 2π par la fréquence :

x .	$\frac{R_a}{R_c}$ mesuré.	$\frac{R_a}{R_c}$ calculé.
2,7	1,40	1,2
3,2	1,55	1,4
4,5	2,15	1,82
5,8	2,65	2,3
7,0	3,1	2,75
11,2	3,3	4,35

Avec le platine on n'a pu obtenir des fréquences assez grandes pour avoir des valeurs élevées de x . Pour $x = 2, 3$, qui correspond à la fréquence 1420000, le rapport mesuré est 1,15 fois le rapport calculé. Pour le fer les résultats expérimentaux n'ont plus rien de commun avec ceux du calcul; la perméabilité qu'il faudrait prendre dans la formule donnant x pour rendre compte des chiffres mesurés serait d'environ 100, bien inférieure à la perméabilité habituelle avant saturation. Le maillechort montre des effets analogues à ceux du fer, mais beaucoup moins marqués. Les auteurs estiment à 5 pour 100 l'erreur maximum de leurs expériences. Les résultats publiés étant la moyenne de nombreuses mesures, les écarts entre la formule et l'expérience sont donc notablement supérieurs aux erreurs expérimentales.

Sur la résistance au contact de deux métaux, par BLANC (Communication faite à la séance du 5 mai de la Société française de Physique). — Le contact étudié était le contact entre deux surfaces d'acier bien polies, et la résistance était mesurée par le dispositif ordinaire du pont de Wheatstone; on pouvait faire varier l'intensité du courant qui traversait le contact. L'établissement du courant provoque une diminution progressive dans le temps et irréversible de la résistance du contact, qui constitue le phénomène de la cohérence; la résistance tend vers une limite donnée

pour une intensité donnée, et la valeur de cette limite diminue quand l'intensité augmente. En outre, la résistance du contact varie réversiblement en fonction de l'intensité, quand la durée du passage du courant est trop faible pour que la cohérence puisse se produire, ou encore quand la cohérence est terminée pour les intensités considérées. Si l'on renverse le sens du courant pendant que la cohérence s'effectue progressivement dans le temps, les premières inversions produisent une chute de résistance très marquée qui s'atténue peu à peu; on a même ensuite une augmentation très faible et tout effet disparaît finalement quand la cohérence est terminée. — D'autre part, si l'on étudie la résistance du contact en fonction de la pression, on constate que les résultats expérimentaux ne s'accordent pas avec les conséquences qu'on peut déduire des formules données par Hertz pour calculer la déformation des surfaces et, par suite, la résistance du contact. On est amené à supposer qu'en outre de la déformation élastique il se produit en chaque point de contact une modification qui diminue la résistance en ce point. Cette modification change surtout les résultats pour les faibles pressions et la courbe de la résistance descend d'abord, à mesure que la pression augmente, beaucoup plus vite que ne l'indiqueraient les formules de Hertz. De plus, la modification dont on est obligé d'admettre l'existence n'est pas instantanée, mais progressive dans le temps; elle est, au moins en partie, irréversible, car on trouve une résistance plus faible pour la même valeur de la pression quand on fait décroître la pression après être allé jusqu'à une valeur maxima. Ces analogies avec la cohérence se précisent encore par le fait suivant : si l'on produit la cohérence du contact pendant qu'on augmente la pression, la résistance qui a diminué brusquement reste constante pendant un certain temps, pendant que la pression continue à augmenter, et ne se remet à diminuer que lorsque la pression a subi une augmentation notable. Si l'on cohère au contraire pendant qu'on diminue la pression, la résistance se remet à augmenter comme elle le fait quand elle n'est pas cohérée, et l'on n'a aucune discontinuité dans la courbe. Les modifications dues à la cohérence et à la pression paraissent donc analogues. — On a examiné au microscope la surface supérieure d'un contact formée d'un couvre-objet de microscope recouvert d'une couche d'argent transparente; la deuxième partie du contact était une sphère d'acier parfaitement polie; les anneaux produits entre les deux surfaces permettent de mesurer leur distance. On constate qu'avec une différence de potentiel faible, le courant ne passe qu'au contact optique, et il n'y a pas d'étincelle; on ne peut produire la cohérence qu'à ce moment, et elle se produit sans qu'on voie ni étincelle, ni fusion. La surface ne présente aucun modification apparente. — Une autre expérience montre que le phénomène est purement superficiel : on peut faire deux gouttes de mercure très propre qui se touchent sans se mélanger si le mercure contient des traces d'oxyde; les gouttes forment un cohéreur et ne se mélangent pas par la cohérence, malgré leur fragilité. — Tous ces faits suggèrent un rapprochement entre le phénomène de la cohérence et celui de soudure par diffusion des métaux, réalisée sous l'action de la pression dans les expériences de W. Spring. Le courant provoquerait cette diffusion, comme le fait la pression. On peut se rendre compte de cette action du courant et de la cohérence, par la théorie cinétique des métaux.

Contribution à l'étude de l'ionisation dans les flammes, par P. MASSOULIER (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1023, 10 avril). — Dans deux Notes antérieures (*Revue électrique*, t. III, p. 93 et 189), l'auteur a montré que les flammes d'éther sont le siège d'une ionisation en volume très intense et que cette ionisation dépend non seulement de la température, mais aussi des réactions chimiques qui

se produisent dans la flamme. Pour mettre ce dernier point le plus nettement en évidence, il a introduit du gaz carbonique dans la flamme; il a pu obtenir ainsi un abaissement très notable de la température et, simultanément, un accroissement considérable de l'intensité du courant recueilli sous tension constante. Ce résultat s'interprète immédiatement en admettant que le gaz carbonique se dissocie dans la flamme et que : 1° cette dissociation, en absorbant de la chaleur, abaisse la température du milieu; 2° qu'elle fournit un appoint très important à la production des ions puisque le courant devient plus intense malgré la diminution très notable des mobilités liée à l'abaissement de température et malgré l'accroissement de vitesse du courant gazeux qui permet à un plus grand nombre d'ions d'échapper à l'action du champ. Il paraît d'ailleurs être bien dû à la dissociation du gaz carbonique, car si l'on remplace ce gaz par un autre non susceptible de se dissocier, de l'air par exemple, l'effet est tout autre : en augmentant progressivement de 52 l'heure le débit de l'air, la température varie fort peu et paraît plutôt s'élever tandis que l'intensité du courant baisse et tombe au quart de ce qu'elle était primitivement.

Sur la conductibilité des gaz issus d'une flamme, par E. Blocq (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1327, 15 mai). — Voici les conclusions de cette étude : les ions contenus dans les gaz issus d'une flamme prennent, au bout d'un temps suffisamment long, une mobilité d'équilibre de l'ordre de $0^{mm},01$; ils doivent donc être classés dans la catégorie des *gros ions*. Il semble résulter, en outre, qu'il ne saurait exister aucune mobilité *stable* intermédiaire entre celles des gros ions et celles des petits ions ou ions ordinaires.

Sur la rigidité électrostatique des gaz aux pressions élevées, par Eug. GUYE et H. GUYE (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1320-1322, 15 mai). — Les auteurs font connaître les résultats des mesures qu'ils ont faites des potentiels explosifs relatifs à une distance d'électrodes de $0^{mm},2$ pour l'azote, l'air, l'oxygène, l'hydrogène et le gaz carbonique sous des pressions allant de 1^{mm} à 90^{mm} environ. Le dispositif employé était le suivant : à l'extrémité d'un tube de Cailletet étaient soudées deux électrodes de platine (1^{mm} de diamètre) soigneusement aplanies et distantes d'environ $0^{mm},2$. Afin d'éviter les actions perturbatrices pouvant provenir de charges électriques localisées sur le verre, une capsule de platine placée à l'intérieur du tube et en communication avec l'électrode supérieure recouvrait complètement les électrodes; seuls deux petits orifices disposés sur deux diamètres rectangulaires permettaient d'observer l'étincelle à l'intérieur de la capsule. La pression était mesurée à l'aide de manomètres à azote en rapport avec la pompe de compression et gradués d'après les expériences de M. Amagat. La mesure des potentiels était effectuée au moyen d'un électromètre absolu Bichat et Blondlot, par un dispositif rappelant celui de MM. Abraham et Lemoine. Le dépouillement des mesures conduit aux conclusions suivantes : 1° jusqu'aux environs de 10^{mm} , le potentiel explosif croît linéairement avec la pression; ce résultat confirme les expériences de M. Wolf, effectuées dans ces limites; 2° pour des pressions plus élevées, le rapport du potentiel explosif à la pression va en diminuant; les courbes représentatives ont généralement une allure parabolique; 3° avec l'azote la courbe montre un maximum dans le voisinage du maximum de compressibilité de ce gaz (p_v minimum); avec l'air il y a également un léger relèvement de la courbe pour la pression de 65^{mm} de mercure, la plus grande employée; 4° rien de semblable avec l'oxygène et l'hydrogène pour lesquels le minimum de p_v se trouve en dehors des limites des expériences; 5° 1.5 quelques expériences effectuées sur le gaz carbonique au

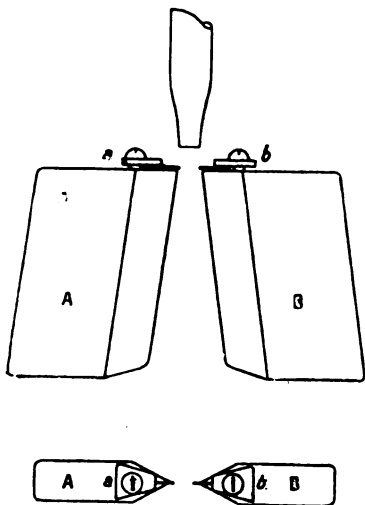
voisinage du point critique semblent indiquer une diminution de potentiel explosif en ce point; toutefois la décomposition partielle qui doit résulter du passage de l'étincelle rend le phénomène complexe et difficile à interpréter; 6° en présence d'un sel de radium ou des rayons X les résultats ne sont pas sensiblement différents de ceux observés en leur absence.

Sur la variation de la différence de potentiel au contact des dissolutions miscibles d'électrolytes, par M. CHANOT (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1024-1026, 10 avril). — Dans cette Note sont décrites plusieurs expériences en vue de vérifier les considérations suivantes : — Soient A et B deux liquides miscibles et amenés au contact directement : 1° Supposons que A est une dissolution aqueuse d'un électrolyte pur non hydrolysable et B de l'eau distillée. Pour passer de A à B on rencontrera des couches de transition dont la teneur en corps dissous diminuera régulièrement jusqu'à zéro, quelle que soit l'épaisseur de ces couches intermédiaires. Par suite, la différence de potentiel $V_A - V_B$ (intégrale des différences de potentiel partielles au contact des couches successives intermédiaires) sera toujours la même, indépendante de la façon dont se fera le contact A, B. — 2° Si A et B sont des dissolutions aqueuses de corps purs différents ou si, A étant de l'eau pure, B est une dissolution d'un mélange de deux corps, il n'en sera pas nécessairement ainsi (et les expériences ont montré qu'il n'en était pas ainsi). On peut en effet imaginer que les couches de transition différeront de composition suivant que l'on aura laissé agir la seule diffusion ou que l'on provoquera un mélange au niveau de la zone de séparation.

Sur le spectre d'émission de l'arc électrique à haute tension, par DE KOWALSKI (Communication faite à la séance du 7 avril de la Société française de Physique). — D'après Stark, l'arc électrique entre électrodes métalliques commence à se produire au moment où la température de la cathode est assez haute pour provoquer l'évaporation du métal de la cathode. On doit donc s'attendre à ce qu'aux environs de la cathode l'aspect de l'arc, influencé par les vapeurs métalliques de celle-ci, soit différent du spectre aux environs de l'anode. L'auteur, qui déjà, à la séance du 9 février 1904, a fait connaître à la Société les résultats d'expériences en parfait accord avec la théorie de Stark, a entrepris de nouvelles expériences pour vérifier ce point. — Elles furent faites avec un arc entre électrodes de cadmium ou de zinc, alimenté par une bobine de Ruhmkorff; celle-ci doit donner un courant très dissymétrique pour que l'arc reste stable; cette condition est suffisamment remplie lorsqu'on emploie un interrupteur Deprez, mais il est préférable de prendre un interrupteur-turbine. La distance des électrodes étant de 20^{mm} , on obtenait une décharge à arc avec environ 20 interruptions par seconde et un courant primaire de 6 ampères. Un spectre de cet arc était projeté, au moyen d'un spectrographe à lentille de quartz et à prisme de Cornu, sur une plaque photographique. Pour avoir un spectre de comparaison, on mettait une batterie de condensateurs de 0,003 microfarad en parallèle avec le déflagrateur; on avait une décharge oscillante par étincelle dont le spectre a été étudié minutieusement par M. Hemsalek. — Les spectres obtenus confirment la théorie de Stark : du côté de la cathode, et exclusivement de ce côté, on remarque de fortes lignes dues au métal formant la cathode. Ces lignes sont *coupees*, c'est-à-dire qu'elles n'occupent pas toute la hauteur du spectre; leur longueur croît avec l'intensité du courant. La mesure de leur longueur d'onde a montré qu'elles sont les mêmes que celles que M. de Wateville a trouvées dans les spectres de flammes. Il existe donc bien des vapeurs métalliques aux environs de la cathode, et cela dans un état et à une tem-

pérature analogues à ceux que l'on trouve dans le cône d'une flamme à gaz.

Sur une méthode simple pour l'étude des étincelles oscillantes, par G.-A. HEMSALICH (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1103, 17 avril). — Le principe de cette méthode est basé sur le fait déjà connu, à savoir qu'un courant d'air dirigé sur une étincelle oscillante peut séparer les oscillations les unes des autres. C'est ainsi que beaucoup de physiciens, notamment Lehmann (*Die electrischen Lichterscheinungen*, p. 250), Klingelfuss (*Drude's Annalen*, t. V, p. 837, 1901) et Zehnder (*Ibid.*, t. IX, p. 899, 1902) ont pu démontrer les oscillations électriques. Mais leurs dispositifs ne permettent pas d'effectuer des mesures à cause de l'instabilité du phénomène, tandis que celui de l'auteur permet d'étudier les oscillations avec quelque précision, de mesurer leur fréquence et même de photographier le spectre d'une oscillation quelconque. — Ce dispositif est représenté par la figure ci-jointe. Deux électrodes en forme de plaques en



cuivre, A et B, d'environ 8^{mm} d'épaisseur, ayant chacune un des bords cunéiforme et aiguë, sont placées l'une en face de l'autre, de telle sorte que les bords cunéiformes soient dans un même plan et légèrement inclinés l'un par rapport à l'autre. A la surface supérieure de chacune des électrodes et près du bord cunéiforme sont vissées des plaquettes a et b. Celles-ci servent à serrer et à maintenir en position deux fils de platine. Ces fils, qui jouent un rôle capital dans le dispositif, sont fixés de manière à dépasser légèrement les bords aiguës de A et B; la distance entre eux est de 3^{mm} environ. Le courant d'air qui sort de l'orifice (diamètre 3^{mm}) d'un tube de verre placé à une distance de 3^{mm} à 6^{mm} au-dessus des électrodes, parcourt l'espace libre entre les bords cunéiformes; il est très important que le courant d'air reste constant. Une étincelle initiale éclate entre les fils de platine et ionise l'air situé entre eux; cet air ionisé est entraîné par le courant d'air et sert comme pont conducteur aux oscillations qui suivent et qui éclatent entre les bords aigus des lames de cuivre. Si le dispositif est alimenté d'une manière bien régulière par un transformateur ou une bobine d'induction, si les décharges initiales de toutes les étincelles successives éclatent toujours entre les fils de platine et si, enfin, le courant d'air est bien constant, les oscillations de même ordre se produisent entre les mêmes points des bords des lames de cuivre; alors leurs impressions sur la rétine se superposent et l'œil a l'impression d'un phénomène immo-

bile et continu. — Dans les clichés photographiques d'étincelles oscillantes obtenues avec ce dispositif, on aperçoit d'abord un trait de feu, brillant et rectiligne, qui relie les fils de platine : c'est la décharge initiale. Au-dessous de ce trait droit, on voit une série de traits plus larges, curvilignes, moins lumineux et de couleur rose violacé : ce sont les oscillations. M. Hemsalech a pu obtenir jusqu'à 16 oscillations, mais les 6 à 10 premières seules sont immobiles et régulières. — L'examen spectroscopique montre que la décharge initiale donne le spectre de lignes de l'air et les oscillations les spectres de bandes de l'azote; la vapeur métallique ne semble pas participer au transport du courant électrique. — Sur les clichés, les décharges oscillantes se présentent, avons-nous dit, sous l'aspect de bandes curvilignes. L'inclinaison de ces bandes par rapport à la direction du courant d'air permet de mesurer la vitesse des particules de l'azote qui transportent le courant électrique. Pour une fréquence d'oscillations de 27 400, cette vitesse est de 29 m/s; elle diminue avec l'augmentation de la capacité et elle est directement proportionnelle à la fréquence d'oscillations.

Sur les effets respectifs des courants de Foucault et de l'hystérésis du fer sur les étincelles oscillantes, par G.-A. HEMSALICH (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1322-1325, 15 mai). J.-J. Thomson, en 1893, et l'auteur, quelques années plus tard, ont montré que, en introduisant un noyau de fer dans une bobine de self-induction placée dans le circuit de décharge d'un condensateur, les oscillations sont plus ou moins détruites suivant la constitution du noyau. Ainsi un tuyau mince de fer détruit toutes les oscillations sauf la première sans changer sensiblement leur fréquence, tandis qu'un noyau composé de fils de fer isolés diminue leur fréquence sans toutefois les amortir autant. Dans le premier cas, deux causes influent : les courants de Foucault et le magnétisme du fer; dans le second, la première cause est presque supprimée. Dans la Note qui nous occupe, M. Hemsalech fait connaître les expériences qu'il a faites, avec le dispositif décrit ci-dessus, pour préciser l'action de chacune de ces causes. Pour rechercher l'influence des courants de Foucault, il introduit dans la bobine des tubes de zinc, fendus ou non; pour celle de l'hystérésis, il utilise des cylindres de tôle de fer. Il a trouvé ainsi : 1° les courants de Foucault augmentent la fréquence d'oscillations par seconde sans influer sur le nombre des oscillations dans chaque décharge; 2° l'hystérésis du fer détruit les oscillations et en diminue plus ou moins la fréquence.

Étude de la puissance radiographique d'un tube à rayons X, par S. TURCHINI (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1325-1327, 15 mai). — L'examen des plaques impressionnées par un tube alimenté par des bobines différentes, pour des étincelles équivalentes variant de 6^{mm} à 13^{mm}, deux intensités de courant secondaire (0,4 et 0,6 milliampère), de la même fréquence (38), a montré à l'auteur que, à intensité constante, l'impression radiographique croît avec la longueur de l'étincelle équivalente jusque vers 10^{mm} d'étincelle, puis qu'elle demeure sensiblement constante. De cette étude et de la précédente, il résulte donc que, en radioscopie et en radiographie, il n'y a aucun avantage à employer des étincelles équivalentes supérieures à 10^{mm} ou 12^{mm}, ce que la pratique courante avait d'ailleurs déjà révélé.

Éléments magnétiques aux environs de Tananarive, par le R. P. COLIN (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1219-1222, 8 mai). — L'auteur fait connaître les valeurs des éléments magnétiques trouvés en septembre et octobre 1904 en 26 stations de Madagascar; ces nouvelles déterminations portent à 118 le nombre des points où l'auteur a relevé les éléments magnétiques dans ces dernières années.

BIBLIOGRAPHIE.

Die Formelzeichen (Notations algébriques), par OLOF LINDERS. Un volume grand in-8°, 90 pages, Jäh et Schunke, éditeurs à Leipzig, 1905.

Cette brochure est le complément de l'ouvrage du même auteur : *Les Unités électriques*, analysé précédemment dans la *Revue* (t. II, p. 346).

M. Linders propose un ensemble systématique de notations pour toutes les grandeurs physiques et mécaniques. Si ingénieux que soit ce système, je doute que l'usage s'en généralise, en particulier pour le motif suivant : M. Linders s'est bien préoccupé de choisir des notations faciles à différencier en typographie et même en écriture manuscrite. Mais il ne paraît pas avoir tenu un compte suffisant des notations parlées. Or, à mon avis, c'est là un facteur important de la question. Un système quelconque n'a guère de chances de s'introduire dans l'usage autrement que par l'enseignement. Le professeur qui s'adresse à des débutants peut choisir ses notations, car elles seront toutes nouvelles pour ses élèves. Ceux-ci auront une tendance naturelle à les conserver ensuite, parce qu'elles s'identifieront forcément avec les notions qu'elles représentent.

Mais cette différenciation des notations est plus difficile à réaliser dans le langage que dans l'écriture. Le nombre des sons distincts est de beaucoup plus restreint que celui des caractères alphabétiques. Il faudrait sans doute se rejeter sur l'emploi des indices. Les indices, commodes dans l'écriture, le sont infiniment moins dans le langage. L'énonciation des formules où figurent de nombreuses lettres affectées d'indices devient pénible et embarrassée.

Les difficultés sont grandes et ce n'est pas trop, comme le dit justement M. Linders, des concours de toutes les bonnes volontés.

M. LAMOTTE.

Das elektrische Bogenlicht (La lumière de l'arc électrique), par BUGON von CZUDNOCHOWSKI. Deux fascicules, 28^{cm} × 20^{cm}, p. 101 à 290. S. Hirzel, éditeur à Leipzig. Prix de chaque fascicule, 4 mark.

Dans ces fascicules l'auteur aborde la partie descriptive du sujet.

Il divise les travaux faits sur l'arc électrique, tant dans le domaine théorique que dans le domaine pratique, en trois périodes. A la première, qui commence avec l'expérience de Davy, en 1802, et s'arrête aux travaux de Foucault, en 1844, il ne consacre que deux pages. Mais la seconde, qui va de 1844 à 1879, n'occupe pas moins de 112 pages, et la troisième, s'étendant de 1879 à 1880, n'est pas encore terminée dans le troisième fascicule.

Les développements donnés sur chacun des travaux importants sont intéressants aussi bien pour l'industriel que pour le savant. Aussi pensons-nous que lorsqu'il sera complet (et il doit comprendre 6 fascicules comme nous le disions en signalant dans le numéro du 15 avril

la publication du premier fascicule), cet ouvrage formera un traité encyclopédique que devront nécessairement consulter tous ceux qui s'occupent de l'étude de l'arc électrique et de ses applications à l'éclairage.

H. P.

Précis d'Hydraulique. La Houille blanche, par R. BUSQUET, ingénieur des Arts et Manufactures, professeur à l'École industrielle de Lyon. Un volume; format 18^{cm} × 11^{cm}, 376 pages, 49 figures. J.-B. Bailière et fils, éditeur, 19, rue Hautefeuille, Paris. Prix : cartonné, 3^{fr}.

Voici un petit livre fort intéressant et qui vient bien à son heure. Ce n'est ni un ouvrage de vulgarisation ordinaire, ni un ouvrage purement descriptif; c'est un exposé concis des principes généraux de l'Hydraulique présenté en vue des applications à l'établissement des conduites d'eau, des barrages et des récepteurs d'énergie hydraulique.

Cinq chapitres forment les principales divisions de l'ouvrage. Dans le premier l'auteur expose les *lois primordiales* (loi de Bernoulli, écoulement en mince paroi, écoulement par déversoir ou barrage); dans les deux suivants, ces lois sont appliquées à l'étude de l'écoulement des liquides dans les *tuyaux de conduite* et dans les canaux découverts. Le quatrième est consacré aux *récepteurs hydrauliques* et est divisé en deux parties, dont l'une s'occupe des *roues*, l'autre des turbines. Enfin le dernier donne toutes les indications nécessaires pour l'établissement d'un projet de *création* d'une chute d'eau.

Dans chacun de ces chapitres la partie théorique a reçu les développements suffisants pour bien faire comprendre ses applications industrielles; les calculs y sont assez nombreux, mais ont été simplifiés autant qu'il était nécessaire pour qu'ils soient compris par tous ceux qui n'ont que des connaissances très élémentaires en Mathématiques. Aussi cet ouvrage nous paraît-il bien répondre au but que s'est proposé l'auteur en écrivant : « Mettre la Science de l'industrie hydraulique à la portée de tous les techniciens, ingénieurs, architectes et entrepreneurs, qui peuvent être appelés à étudier et exécuter les installations de cette nature. »

H. P.

L'État actuel de l'Électrometallurgie du fer et de l'acier, par ÉMILE GUARINI. Une brochure, 23^{cm} × 16^{cm}, 44 pages, 41 figures. En vente à la librairie Dunod, 49, quai des Grands-Augustins. Prix : 1^{fr},25.

Ce petit ouvrage fera plaisir aux polyglottes; il contient en effet, l'une à la suite de l'autre, la traduction en français et la reproduction en anglais d'un article publié par l'auteur dans le *Scientific American*; de plus les figures sont accompagnées d'une double légende, dans l'une et l'autre langue.

T. P.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Nécrologie : A. Potier.

Dans notre précédent numéro nous informions nos lecteurs que M. A. Potier était décédé le 8 mai dernier, à l'âge de 64 ans, à la suite d'une cruelle maladie. En annonçant à l'Académie, dans sa séance du 15 mai, la perte qu'elle venait d'éprouver, M. Troost, président, s'exprimait comme il suit :

« Depuis notre dernière séance un grand deuil a frappé l'Académie des Sciences; notre confrère M. Potier, membre de la Section de Physique, a succombé mardi dernier à la suite d'une longue et douloureuse maladie qui le tenait éloigné de nous depuis plusieurs années.

« Sorti de l'École Polytechnique en 1839, il entra à l'École des Mines. En 1863 il était attaché au sous-arrondissement minéralogique de Paris, puis en 1867 au Service de la Carte géologique détaillée de la France.

« Ingénieur des Mines, doué d'une prodigieuse activité jointe à une érudition qui était légendaire, M. Potier a fait de très nombreux relevés sur le terrain, et la Géologie lui est redevable de résultats d'un grand intérêt.

« Jusqu'au moment de sa mise à la retraite comme inspecteur général, il est resté attaché au Service central de la Carte géologique, et il a été, avec Munier-Chalmas, le conseil le plus compétent et le plus écouté au point de vue stratigraphique.

« Mais ses travaux de prédilection, ceux auxquels il s'est plus spécialement consacré, et qui devaient lui valoir une réputation universelle, sont ses travaux de Physique mathématique et expérimentale.

« On lui doit de belles recherches sur la théorie de la chaleur, sur l'entraînement des ondes lumineuses par la matière en mouvement, et sur diverses questions se rattachant à la lumière polarisée.

« Il s'est occupé, avec passion, des applications de l'électricité et, à l'exposition internationale de 1881, il a pris une part très active aux travaux de la Commission chargée non seulement d'étudier les conditions de fonctionnement des machines et appareils magnéto et dynamo-électriques, mais aussi de déterminer les moyens de mesurer l'énergie dépensée par ces machines et appareils.

« Ces études devaient naturellement désigner M. Potier pour les conférences qu'à partir de 1887 on jugea utile de faire faire, à l'École des Mines, sur les applications industrielles de l'électricité; et ces conférences furent si hautement appréciées qu'on y créa pour lui en 1893 une chaire d'électricité industrielle.

« Répétiteur de Physique à l'École Polytechnique en 1867, il y était devenu professeur en 1881.

« En 1891, M. Potier succéda à Edmond Becquerel comme membre de la Section de Physique de l'Académie des Sciences.

« Son activité scientifique ne s'est pas ralentie depuis, malgré les souffrances physiques qui ne tardèrent pas

à l'éprouver, et il continua à avoir une influence considérable sur le développement de l'industrie électrique. Les savants et les industriels ne manquaient d'ailleurs jamais de venir lui demander sur toutes les questions de Physique importantes son appréciation personnelle qui avait pour tous une valeur incomparable, et l'on était toujours assuré de trouver en lui le plus généreux appui quand on faisait appel à ses conseils et à son inépuisable bienveillance.

« Ceux qui l'ont connu plus intimement ont pu apprécier son exquise bonté, le charme de ses entretiens, la rare élévation de son caractère et la puissance de son esprit ouvert à toutes les nouveautés scientifiques.

« La disparition de M. Potier laissera un grand vide dans la Science française dont il était un des représentants les plus autorisés. »

Réglementation de la Télégraphie sans fil dans l'Empire allemand.

Le Journal officiel du Reichs-Postamt a publié, le 30 mars, un règlement pour l'usage de la télégraphie sans fil en service public. Nous reproduisons le contenu essentiel de ce règlement, qui est mis en vigueur depuis le 1^{er} avril.

On distingue les *stations de bord* et les *stations côtières* et, dans celles-ci, sont comprises les stations de télégraphie sans fil établies sur la terre ferme, sur une île ou sur un bateau ancré en permanence, station dont la zone d'action s'étend sur la mer.

Pour le trafic par télégraphie sans fil sont en vigueur les dispositions sur les télégrammes de mer contenues dans la convention télégraphique internationale, complétée par la révision de Londres en 1903, et dans l'ordonnance télégraphique de l'Empire allemand, autant que le règlement actuel ne stipule pas d'exceptions aux principes établis.

L'échange des radiotélégrammes avec le réseau télégraphique terrestre se règle d'après les dispositions adoptées pour les câblogrammes.

Le texte des radiotélégrammes peut être rédigé dans chacune des langues admises par la convention de Londres.

La nouvelle ordonnance règle le trafic par télégraphie sans fil entre les *stations côtières publiques* et toutes les autres stations de télégraphie sans fil entrant en relation avec elles. Les stations de bateaux-feux ne communiquent, en général, qu'avec une station côtière déterminée, et ces stations ne doivent communiquer par télégraphie sans fil avec des bateaux en mer qu'en cas de nécessité.

Les stations côtières qui ne sont pas *stations publiques* sont soumises, dans leurs rapports avec celles-ci, aux dispositions du règlement valables pour les stations de bord.

Le règlement concerne, en outre, les relations par

télégraphie sans fil entre les bâtiments naviguant sous pavillon allemand.

Chaque station côtière publique de la marine est en service à tout moment du jour ou de la nuit, à moins qu'elle ne soit réservée par les autorités qui en ont la charge pour des services particuliers, des manœuvres ou des expériences.

Les stations côtières publiques ont les données suivantes :

Longueur d'onde : 365^m;

Portée (relative à une même station) : 200^{km};

Portée (relative à un bateau ayant un mât de 30^m) (pour un temps normal) : 120^{km}.

Signaux employés. — On emploie pour communiquer les signaux Morse, auxquels sont ajoutés les signaux suivants :

----- signal de repos, ne peut être fait par les stations côtières publiques;

..... signal de détresse, est répété par un bateau en détresse jusqu'à ce que toutes les autres stations aient interrompu leur service;

..... signal de recherche, peut être fait par un bâtiment en haute mer, il est répété avec le nom propre qui doit suivre le signal.

Ordre d'expédition des télégrammes. — Les radiotélégrammes sont expédiés dans l'ordre suivant : télégrammes officiels, télégrammes de service, télégrammes privés urgents et, enfin, télégrammes privés non urgents.

Les télégrammes des bâtiments en détresse ont la priorité sur tous les autres et doivent être expédiés en interrompant toute autre communication. Dans ce cas, le bateau qui demande du secours fait le signal d'une façon continue, jusqu'à ce que le trafic des autres stations ait cessé. Si le signal de détresse n'est suivi d'aucun signe d'appel pour une station déterminée, chaque station qui le reçoit doit s'annoncer.

Appel. — C'est aux stations côtières publiques qu'imcombe la direction des communications par télégraphie sans fil avec les stations de bord en dedans de leur partie maxima. Les stations de bord et les stations côtières à service public limité doivent se conformer à leurs dispositions.

La station publique détermine l'ordre des communications d'après les points de vue suivants :

De préférence on donne la communication au bâtiment qui, d'après sa situation, sa route et sa vitesse, est sur le point de quitter la zone de compréhension réciproque.

Une station de bord ne doit s'adresser qu'à la station côtière la plus proche, sauf dans le cas où l'on ne peut se comprendre avec celle-ci à cause de difficultés de service.

Une station de bord ne doit pas appeler avant d'être parvenue dans la partie sûre de la station côtière, à peu près les $\frac{2}{3}$ de la portée maxima de la station côtière rapportée à la station de bord (1).

Chaque station de bord emploie pour l'appel, parmi les longueurs d'onde dont elle dispose, celle qui se rap-

proche le plus de la longueur d'onde de la station côtière.

Chaque station, avant de commencer ses appels, doit s'assurer par le récepteur téléphonique, ou, s'il elle n'en possède pas, en réglant son appareil récepteur au maximum de sensibilité, s'il n'y a pas déjà une autre communication en cours. Dans ce cas, elle attendrait pour appeler que cette communication fût terminée.

Au signal de repos de la station côtière publique, une station de bord doit immédiatement cesser la transmission et elle ne peut la reprendre que lorsqu'elle en aura reçu l'autorisation. Ce signal de repos ne peut être donné que par les stations côtières publiques. Si la station côtière ne répond pas à l'appel de la station de bord, l'appel est recommencé trois fois à intervalles d'au moins 5 minutes. Et si le quatrième appel n'obtient pas de réponse, la station de bord ne doit recommencer qu'après une pose d'une heure, à appeler de la même façon que précédemment.

Lorsqu'une station de bord en haute mer cherche à se mettre en relation avec une autre, elle émet le signal de recherche répété, suivi du nom de la station. On doit répondre par le mot « hier » (ici) suivi du nom.

Expédition et réception des télégrammes. — L'adresse des télégrammes pour les bateaux en mer doit contenir la désignation exacte du destinataire, de la station côtière qui doit transmettre le télégramme, le nom du bateau ou son numéro officiel et la nationalité de ce bateau.

En tête des télégrammes provenant des bateaux en mer est la station côtière qui doit servir d'intermédiaire; ensuite vient le nom du bateau.

La transmission des radiotélégrammes destinés aux bâtiments n'a lieu que si le bateau appelle en passant la station côtière et aussi longtemps, naturellement, qu'il se trouve dans sa portée. Si le bâtiment auquel est destiné un radiotélégramme ne s'est pas annoncé à la

signaux d'appel des stations côtières allemandes et des bâtiments de commerce allemands.

a. Stations côtières publiques :

1. Rixhöft	<i>k r x</i>
2. Arcona	<i>k a r</i>
3. Marienleutche	<i>k m r</i>
4. Bülk	<i>k b k</i>
5. Helgoland	<i>k h g</i>
6. Cuxhaven	<i>k c x</i>
7. Borkum Leuchtturm (phare)	<i>k b m</i>
8. Borkumriff Feuerschiff (bateau-feu) ...	<i>f b r</i>

b. Stations côtières à trafic public limité :

1. Bremerhaven Lloydhalle	<i>k b h</i>
2. Weser Feuerschiff	<i>f w f</i>
3. Elbe I Feuerschiff	<i>f e f</i>

c. **Bâtiments de commerce.** — Il y a de prévu des signaux d'appel particuliers pour treize navires de commerce appartenant aux grandes compagnies de navigation. Les bâtiments pour lesquels il n'en est pas prévu doivent s'annoncer par leur nom qui, dans le télégramme, se met à la place du signal d'appel.

(1) A titre de renseignements, nous donnons ci-dessous les

station côtière dans le délai désigné par l'expéditeur ou, à défaut d'une telle indication, le matin du vingt-neuvième jour, la station côtière en informe l'expéditeur. Celui-ci a le droit de demander, par télégramme de service ou par lettre, que la station côtière conserve son télégramme prêt à expédier pendant un nouveau délai de 30 jours. A défaut d'une telle demande, le télégramme est mis complètement de côté le trentième jour.

Pour les radiotélégrammes on paie, en dehors des taxes télégraphiques ordinaires, un droit de 80 pfennigs. Ces droits sont toujours payés à terre par l'expéditeur ou le destinataire, suivant le cas.

Un bâtiment commence la communication par l'attaque ou signal initial, puis l'appel de la station côtière répété trois fois, et un signal propre d'appel ou, à défaut, le nom du bâtiment.

La station côtière répond en signalant successivement : l'attaque, le signal d'appel de la station qui appelle, son propre signal d'appel et --- comme invitation à transmettre, ou le signal d'attente - - - ; dans ce dernier cas, on ajoute le nombre présumé de minutes d'attente et, quand ce nombre dépasse 10, le motif du retard.

Dès qu'il en a l'autorisation, le bâtiment commence son télégramme. L'en-tête porte la caractéristique du télégramme (officiel, service, privé, urgent); ensuite vient le nom du lieu de destination, le nom du bateau, le numéro de la remise, le nombre de mots et le moment (jour, heure et minute) de la remise du télégramme; puis l'adresse, le texte et la signature.

Sociétés savantes et techniques.

ACADÉMIE DES SCIENCES. — On trouvera, pages 312, 313 et 314, les analyses des Communications concernant l'électricité faites aux séances de l'Académie du 10 avril au 15 mai; à la séance du 1^{er} mai aucune Communication de ce genre n'a été présentée.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE. — Nous donnons, pages 313 et 314, les analyses faites par M. de Kowalski et par M. Blanc aux dernières séances de cette Société.

Conférences sur l'état actuel des industries électriques.

Les analyses des conférences faites par M. Picou et par M. Jumau les 8 et 23 mai sont données p. 305 et 306; nous avons dû renoncer à donner une analyse de la remarquable conférence sur les moteurs électriques faite le 16 mai par M. Hillairet, cette conférence constituant par elle-même un résumé de nos connaissances sur les moteurs, qu'on ne saurait abrégé sans risquer de ne dire que des banalités.

Rappelons qu'après la conférence de M. Boucherot, qui a lieu le 30 mai, deux autres conférences sont inscrites au programme : *L'Éclairage électrique, progrès récents*, par M. P. WEISS, le mardi 6 juin, et *L'État actuel de la Téléphonie*, par M. DE LA TOUANNE, le mardi 13 juin.

Informations diverses.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — Le gouvernement brésilien vient de traiter avec la maison Siemens et Halske pour

l'installation de deux postes de télégraphie sans fil, l'un sur l'île de Cobras, l'autre sur le croiseur Riachuelo.

— La chambre des Pays-Bas vient de prendre une décision dont la portée est considérable, en refusant d'admettre l'utilisation de la télégraphie sans fil dans les Indes orientales néerlandaises, aux frais et pour le compte de l'Etat. Le gouvernement accordera à une société privée la concession nécessaire pour l'établissement des stations télégraphiques, à la tête desquelles se trouveront deux fonctionnaires hollandais. Le choix du système à employer est laissé à la Société qui aura les mains complètement libres de ce côté. Cette décision est d'autant plus à remarquer qu'en Hollande, en 1902, les avantages reconnus de liaisons télégraphiques propres avaient conduit à subventionner et à placer sous la surveillance de l'Etat le câble Auam-Menado, qui doit rendre les îles indépendantes des câbles anglais. En abandonnant tout le service de télégraphie sans fil dans les îles à une société privée, le gouvernement hollandais renonce ainsi à un moyen d'action qui peut être d'importance particulière pour ces îles.

— La Gesellschaft für drahtlose Telegraphie a construit récemment et livré à l'administration militaire quatre stations transportables destinées à l'Afrique du sud-ouest; la portée de ces stations varie de 200^{km} à 300^{km}. Deux stations de 1000^{km} construites pour la Russie doivent être achevées actuellement. Une station de 300^{km} à 400^{km} de portée est établie également pour l'administration des télégraphes hollandais. Un contrat a été passé avec la République Argentine pour la livraison de plusieurs stations destinées à la marine.

— D'après *Western Electrician* du 29 octobre, S.-D. Field a construit un appareil au moyen duquel des signes Morse, transmis sans fil, peuvent être, à la station réceptrice sans fil, conduits directement et immédiatement dans un fil de ligne ordinaire. L'appareil permettrait, par exemple, qu'une dépêche envoyée par la télégraphie sans fil de Londres à New-York fût reçue directement à San-Francisco, en supposant que la station sans fil de New-York fût mise en relation avec la ligne terrestre allant vers San-Francisco.

— *Western Electrician* du 12 novembre rapporte que le système Telefunken, installé récemment sur le bateau-feu de Nantucket, fonctionne bien. Entre le bateau-feu et la station à terre distante de 170^{km}, on transmet 10 à 12 mots à la minute. Les vapeurs qui passent devant le bateau-feu peuvent rester en relation avec lui pendant environ 4 heures.

D'après la même source, le gouvernement du Canada a l'intention de placer la télégraphie sans fil sous son contrôle. Dans le contrat passé avec la société Marconi, le gouvernement s'était déjà réservé le droit d'achat pour les installations de la Société. On dit que désormais aucune concession ne sera plus accordée.

Suivant *The Electrician* du 23 décembre la Société de Forest a établi une liaison par télégraphie sans fil entre Kansas City et Cleveland (distance d'environ 1450^{km}). Ce doit être la plus grande distance au-dessus de la terre ferme qui a été franchie jusqu'alors.

— Le bateau de guerre *Cæsar*, qui revenait récemment de Gibraltar en Angleterre, est resté pendant

toute la traversée en relation par la télégraphie sans fil avec la station Marconi de Poldhu.

D'après *Electrical Engineer* du 13 janvier, la Société Marconi doit établir à Coltano, pour le gouvernement italien, une station de télégraphie sans fil pour communiquer avec les stations d'Angleterre, de Hollande, de la colonie d'Erythrée et d'autres pays.

Comme complément au contrat de la société Marconi avec le gouvernement anglais concernant le service télégraphique avec les bateaux, le Directeur général des Postes a autorisé l'emploi d'adresses télégraphiques abrégées dans les mêmes conditions que sur les lignes terrestres.

Des négociations sont en cours pour équiper les trains des voies ferrées New-York Central et Lake Shore avec des dispositifs de télégraphie sans fil, et pour donner ainsi aux voyageurs la possibilité d'envoyer ou de recevoir des télégrammes chaque jour. Des essais satisfaisants ont eu lieu également pour compléter par la télégraphie sans fil le système actuel des signaux.

D'après *Western Electrician* du 7 janvier, le major Squier de l'armée des Etats-Unis d'Amérique a découvert que les arbres vivants peuvent être utilisés à la place d'antennes aussi bien pour l'expédition que pour la réception des ondes de télégraphie sans fil. Plus l'arbre est sain, mieux il convient comme conducteur. Squier réussit, en reliant, à Fort-Mason (Californie), ses appareils avec des arbres, à correspondre avec la station de télégraphie sans fil établie sur l'île Alcatraz, distante d'environ 3^{km},6.

APPLICATIONS THERMIQUES. — On sait que depuis quelques années on utilise le courant électrique pour le dégel des conduites d'eau dans plusieurs villes des Etats-Unis et du Canada. Cette application s'étant développée, on a construit des voitures spéciales portant tout le matériel nécessaire pour la transformation ou la génération du courant. Si l'on peut se brancher sur un réseau à courants alternatifs, la voiture est munie d'un transformateur abaisseur de tension, d'un ampèremètre, d'un interrupteur et d'une résistance ou réactance de réglage; si l'on peut disposer de courant continu sous une tension modérée, le transformateur est supprimé et une résistance liquide convient fort bien pour le réglage; si l'on ne peut se brancher sur un réseau, la voiture porte une batterie d'accumulateurs ou un petit groupe électrogène à moteur à pétrole. D'après le *Cassier's Magazine* de novembre, la durée du passage du courant nécessaire pour dégeler une conduite de diamètre moyen ne dépasse pas 15 à 20 minutes, l'intensité du courant étant de 100 à 175 ampères sous 20 à 200 volts. Il faut évidemment éviter l'emploi d'une trop forte intensité qui pourrait provoquer la fusion du plomb des conduites; mais cet accident n'est guère à craindre et ne s'est pas encore présenté. Comme ce sont généralement les portions des canalisations proches des robinets qui sont obstruées par la

gelée, on utilise ces robinets pour y fixer l'extrémité de l'un des câbles amenant le courant, et l'on fixe le câble de retour en un autre point accessible de la conduite, au delà de la région à dégeler.

— D'après *Western Electrician* du 11 mars, une liaison par télégraphie sans fil doit être établie entre Chicago et Key-West (1800^{km}). La transmission se fait le mieux pendant la nuit, les signaux sont alors très nets.

— *The Electrician* du 31 mars rend compte que l'Administration des Postes a suspendu l'acceptation des télégrammes qui doivent être expédiés aux bâtiments en pleine mer par la station de télégraphie sans fil de Polohu. Les motifs indiqués de cette mesure seraient l'insécurité et les retards constatés dans la transmission des télégrammes par ladite station.

TÉLÉGRAPHIE. — *Western Electrician* du 8 avril annonce que M. R. Underhill, de New-York, a construit un appareil au moyen duquel les signaux Morse sont transcrits automatiquement, à leur point d'arrivée, en écriture d'imprimerie. Un avantage capital de l'appareil consiste en ce qu'il peut être intercalé dans un conducteur télégraphique sans nécessiter de préparatifs particuliers aux bureaux transmetteur et récepteur. Les signes Morse sont expédiés de la manière ordinaire, à la main ou mécaniquement; un synchronisme entre le transmetteur et le récepteur n'est pas nécessaire. Les détails manquent sur le mode de construction et les circuits de l'appareil qui, paraît-il, a été employé également avec succès à la reproduction immédiate des télégrammes sans fil en caractères d'imprimerie.

— Après de très longues négociations avec le Gouvernement turc, la Osteuropäische Telegraphengesellschaft vient d'obtenir la concession pour la pose d'un câble télégraphique entre Constantinople et Constanza (Roumanie).

— Le bateau poseur de câbles *Stephan* de la Norddeutsche Seekabelwerke, à Nordenham, qui, depuis le mois de mars, s'occupait, pour le compte de la Société télégraphique germano-hollandaise, de la pose du nouveau câble Menado-Jap-Guam, a mené ces travaux à bonne fin. Le nouveau câble a une longueur de 3040^{km} et repose sur des fonds qui atteignent jusqu'à 7000^m. Le *Stephan* est revenu à Shanghai pour déplacer un câble côtier long de 210^{km} qui doit servir au nouveau câble Shanghai-Jap de la même Société. Grâce à ce dernier câble, la possession allemande de Kiao-Tcheou aura des liaisons télégraphiques favorables, car Shanghai est déjà relié à Tsing-Tao par un câble allemand. Shanghai est, en outre, un point central pour les câbles de la grande Compagnie des Télégraphes du Nord, qui relie le Japon et la Corée avec la plupart des ports chinois. Après l'achèvement de ses travaux, le *Stephan* doit revenir à Nordenham pour retourner en Asie à l'automne avec le reste du câble de Shanghai.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

- I. **Le Monophone**, par G. COURTOIS, p. 321. — **Alternateurs mono- et polyphasés**, par J. REZELMAN, p. 324.
- II. **Génération et transformation** : Recherches sur la distribution du flux magnétique dans les armatures dentées, par SHAW, HAY et POWEL; Principes généraux dans la construction des alternateurs, par P. BOUCHEROT; Accumulateur Bijur; Quelques installations récentes de turbines hydrauliques, par FLAMANT; Sur le rendement des turbines hydrauliques, par FLAMANT; Séparateur-purgeur automatique de vapeur, p. 331 à 337. — **Transmission et Distribution** : Limiteur de tension Siemens et Halske; Brevets récents, p. 338. — **Applications mécaniques** : Moteur monophasé à collecteur MC ALLISTER; Sur l'alimentation des grues électriques de grande puissance, par E.-K. SCOTT; Brevets récents, p. 339. — **Télégraphie et Téléphonie** : Transmission précise de l'heure par le téléphone, par E. GUYOU; Dispositifs pour accroître l'énergie radiée par les transmetteurs de télégraphie sans fil, par BRAUN et RENDHAL; Brevets récents, p. 340. — **Eclairage** : L'éclairage électrique, progrès récents, par P. WEISS; Brevets récents, p. 341. — **Électrochimie et Électrometallurgie** : Sur le fer électrolytique, par A. SKRABAL; Nouveau procédé de préparation du fer électrolytique, par MAXIMOWITSCH; Fabrication du ferro-chrome, de l'acier et de la fonte par le procédé Frogès-Hérault; Four à induction Schneider pour l'affinage de l'acier; Aciers à l'aluminium; Fabrication électrolytique des fils métalliques très fins, p. 342 à 346. — **Mesures** : Sur les électrodynamomètres, par TH. BRUGER; Brevets récents, p. 347 et 348. — **Divers** : Sur les variations d'éclat données par un tube de Crookes, par S. TURCHINI, p. 349; etc.
- III. **Bibliographie**, p. 350.
- IV. **Variétés. Informations** : Sociétés savantes et techniques; Conférence sur l'état actuel des industries électriques; Congrès de l'Exposition de Liège; Informations diverses, p. 352.

LE « MONOPHONE ».

La Téléphonie, cette branche spéciale de l'Électricité, réalise chaque jour de nouveaux progrès. C'est ainsi que l'on vient d'imaginer un nouvel appareil téléphonique, dont la disposition est éminentement pratique, et qui rendra, croyons-nous, de grands services, soit dans les installations de réseau public, soit dans la téléphonie privée. Cet appareil nouveau a été appelé *Monophone* : il réunit dans un même ensemble le récepteur et le transmetteur, nécessaires à toute communication. L'appareil est d'ailleurs très simple, très puissant, et, dans un autre ordre d'idées, mieux disposé pour réaliser les conditions d'hygiène préventive que l'on néglige trop souvent avec les appareils existants.

Avant de décrire ce nouveau téléphone, il convient de rappeler d'une façon sommaire les principes élémentaires de la transmission téléphonique. Tout appareil du genre comporte d'abord un récepteur ou écouteur, qui est une sorte de transformateur de petit modèle, dont l'inducteur et l'induit sont fixes, mais dont l'entrefer est variable.

Le premier téléphone industriel fut celui de Bell, dont s'inspirèrent plus ou moins les autres; c'est une application simplifiée du transformateur théorique. Le circuit magnétique est fermé par une membrane mobile, qui est placée dans l'entrefer; dans ce circuit on fait agir ou bien une bobine inductrice formant électro-aimant, ou bien un simple aimant permanent. On sait que, pour avoir une production de courant induit, il faut que l'état relatif d'un conducteur et d'un champ électrique soit modifié : par exemple, le conducteur se déplacera dans le champ et deviendra le siège d'une force électromotrice parfaitement déterminée; ou bien le conducteur et le champ resteront dans des positions fixes, mais l'intensité du champ sera rendue variable. Dans le cas particulier qui nous occupe, c'est cette seconde propriété qui entre en jeu.

Dans le récepteur téléphonique, l'inducteur est toujours un aimant permanent ordinaire, et l'induit se compose de bobines à fil fin montées en tension d'une résistance totale de 50 à 80 ohms. Le champ de l'inducteur est rendu variable par

les modifications que l'on apporte dans la valeur de la réluctance du circuit magnétique. Pour cela, une plaque vibrante est placée en regard du pôle de l'aimant, et ferme le circuit magnétique. Cette membrane est encastrée entre deux rondelles non magnétiques; elle vibre sous l'action des ondes sonores, et à chaque vibration déterminée correspond une variation corrélative du circuit, ce qui produit une force électromotrice, et par suite un courant ondulé dans les bobines qui sont reliées à la ligne de transmission.

Comme tout transformateur d'énergie le téléphone est évidemment réversible, et toute production de courant dans la ligne donnera une vibration, donc un son bien déterminé, de la plaque vibrante. On conçoit donc que l'appareil sera d'autant meilleur que les vibrations et par suite les variations du champ auront plus d'intensité; mais ceci nécessite un réglage précis et constant de la distance de la plaque aux pôles de l'aimant.

Le transmetteur téléphonique ou *microphone* est basé sur les propriétés des courants variables alternatifs, dont la fréquence est très élevée, ce qui diminue suffisamment l'influence de la self-induction sur l'onde alternative. On utilise encore ici les vibrations d'une membrane sous l'action des ondes sonores, et ces vibrations modifient la résistance d'un contact électrique placé dans le circuit d'un courant de pile. La membrane, qui a au maximum $\frac{3}{10}$ de millimètre, est tantôt en sapin léger, en charbon, en mica ou en tôle.

L'organe essentiel d'un microphone est donc le contact variable, dont la résistance électrique est en raison inverse de la pression des deux corps en présence : charbon sur charbon ou charbon sur métal.

Les microphones les plus répandus sont du type Hughes; ils comportent deux genres principaux : les appareils à crayons et les appareils à grenailles et pastilles, qui ont chacun des avantages particuliers. Aujourd'hui, les transmetteurs les plus en faveur sont ceux dits à *grenaille*, parce qu'ils sont très sensibles et ne donnent point, comme les crayons, des crachements ou bruits désagréables à chaque ressaut de l'appareil. Par contre, ils sont plus délicats et plus fragiles, et l'on doit dans leur emploi prendre certaines précautions; c'est ainsi, par exemple, que la position du microphone par rapport à l'opérateur n'est pas indifférente.

Le transmetteur à grenaille se compose d'une cuvette qui contient la grenaille; cette cuvette est en charbon homogène ou en métal, le fond est tantôt uni, tantôt strié; elle est entourée de feutre, de papier ou de ouate, et au-dessous d'elle est placée la lame vibrante conductrice. La grenaille est formée de charbon à anthracite finement granulé ou bien de charbon moulé sphérique, à grains homogènes ou formés de charbons comprimés autour de petites sphères métalliques. Le charbon granulé a quelquefois l'inconvénient de donner à la longue des tassements nuisibles. On ne peut sans inconvénients augmenter beaucoup la force

Fig. 1.



électromotrice du courant, parce qu'on obtient un bruit de *friture* qui dénature les sons transmis; ce bruit parasite est dû aux étincelles produites au contact. La résistance de ce dernier doit donc rester comparable à la résistance totale du circuit : c'est ainsi que les microphones d'une résistance de 1000 ohms au repos ont donné des mécomptes.

On n'emploie donc qu'un circuit de faible résistance totale et on le ferme sur l'enroulement primaire à gros fil d'une bobine d'induction. Ce gros fil a une résistance unitaire qui varie de 0,5 ohm à 1,5 ohm, et l'enroulement, qui comporte peu de tours, n'a guère que 5 ohms ou 6 ohms de résistance totale, ce qui est comparable aux variations du contact microphonique, qui restent dans les environs de 1 ohm. L'enroulement secondaire de la bobine d'induction est à fil fin, et il est placé dans le circuit de la ligne de transmission, de sorte que la tension efficace des courants alternatifs ondulatoires produits est assez élevée et facilite d'autant plus la transmission à longue distance. Quant à l'intensité efficace de ces mêmes courants, le calcul montre qu'elle varie entre 8 et 12 millièmes d'ampère; ils sont donc mille fois moindres que les courants usités en télégraphie, ces derniers étant de l'ordre du milliampère.

Voyons maintenant comment ces principes ont été appliqués dans le Monophone (*fig. 1*).

Cet appareil est constitué par un boîtier A (*fig. 2*) de mêmes dimensions qu'un récepteur Ader : ce boîtier est fixé à un tube métallique nickelé B, légèrement courbe, qui forme cornet acoustique et conduit les ondes sonores émises par la voix de la personne qui téléphone, et qui pour cela a placé le récepteur à l'oreille : la forme de ce tube est étudiée pour ne pas avoir de perte d'intensité dans la réflexion des ondes.

Le boîtier renferme, dans des logements séparés, le récepteur et le transmetteur, qui ne peuvent par conséquent avoir l'un sur l'autre aucune acoustique parasite nuisible.

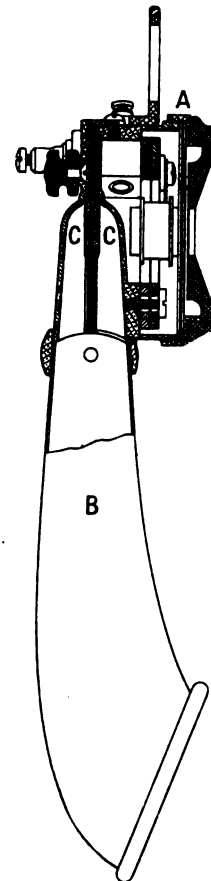
Le récepteur a sa membrane verticale, et placée vis-à-vis de l'électro-aimant à deux bobines montées sur les épanouissements polaires.

Le microphone est constitué par deux membranes CC verticales en charbon, parallèles au récepteur. Elles sont presque jointives et séparées seulement au pourtour par une rondelle isolante très mince; à leur centre, elles comportent une légère concavité qui reçoit la grenaille de charbon. On a donc une double action mécanique, car la membrane présente ses deux faces aux ondes sonores; de plus, le dispositif forme caisse de résonance et rend l'appareil plus puissant, bien qu'il soit plus léger et moins encombrant. Ce résultat a été constaté sur les lignes de long par-

cours, telles que Paris-Bordeaux, Paris-Marseille, Paris-Turin, Paris-Berlin, etc.

L'appareil est naturellement placé dans la posi-

Fig. 2.



tion favorable pour la transmission en portant le récepteur à l'oreille, comme on le fait pour un téléphone ordinaire, car les plaques vibrantes du microphone sont alors sensiblement verticales.

Un des avantages importants est la réalisation des bonnes conditions d'hygiène, le cornet acoustique n'étant pas placé directement devant la bouche de la personne qui parle. Cette considération est d'une assez grande importance, aujourd'hui que tous les principes microbiens malfaisants sont la terreur du public. L'appareil téléphonique se trouve, en effet, partout et à la portée de tous, dans les postes, les banques, les cafés et les hôtels, nos bureaux et même nos habitations privées; c'est donc un agent très actif de propagation microbienne, d'autant plus dangereux qu'on s'en défie moins.

Le Monophone permet de prendre toutes les précautions possibles; il peut d'ailleurs se substituer aisément à n'importe quel appareil double employé dans les postes actuels.

Nous croyons que le *Monophone* sera bien accueilli du monde scientifique, industriel et commerçant et du public mondain, et, si nous

avons cherché à le vulgariser, c'est que le mode rapide et pratique de transmission qu'est la téléphonie, en rapport avec les besoins modernes, devient de plus en plus à l'ordre du jour, et rentre aujourd'hui complètement dans nos mœurs.

G. COURTOIS.

ALTERNATEURS MONO- ET POLYPHASÉS.

ÉTUDE DE LEUR FONCTIONNEMENT.

III. — Courbes de charge ⁽¹⁾.

A. CARACTÉRISTIQUES DES MONOPHASÉS AVEC HARMONIQUES SUPÉRIEURES RENDUES NÉGLIGEABLES.

— Nous nous sommes occupés jusqu'ici du cas extrême du court-circuit; il s'agit maintenant d'étudier quelles sont les relations entre la tension aux bornes et le courant pour une charge quelconque. Nous commençons cette étude en reprenant la charge sur une phase du rotor quand il y a une grande self-induction dans la phase excitée du stator, cas dont nous avons traité le court-circuit antérieurement.

Par le fait que notre machine a les pôles entièrement continus (c'est-à-dire arc polaire égal à pas polaire), le coefficient de self-induction de l'enroulement induit est indépendant de la position relative de l'inducteur par rapport à l'induit, et comme nous supposons la machine non saturée, ce coefficient est constant. Il s'ensuit que nous pouvons appliquer le diagramme bien connu du cercle, qui nous donne pour une excitation constante, en supposant la résistance ohmique du rotor négligeable :

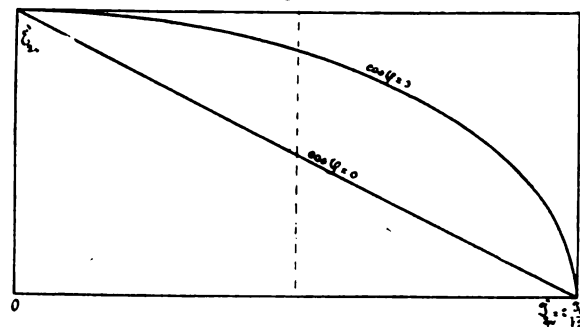
a qu'en chargeant sur une résistance purement ohmique, la tension aux bornes varie suivant une ellipse (*fig. 16*).

b qu'en chargeant sur une résistance purement inductive, la tension aux bornes varie suivant une ligne droite (*fig. 17*).

La tension aux bornes du stator monte proportionnellement au courant $\hat{I}_v$ du rotor, indifféremment que la résistance extérieure soit ohmique ou

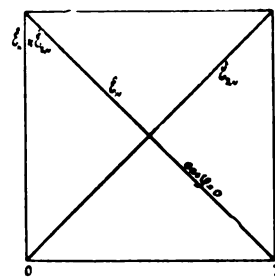
inductive. Le champ alternatif dû au courant et qui lui est proportionnel, prend part à la rotation

Fig. 16.



de l'induit, donc par rapport au stator il y a deux champs fixes et un champ tournant à la vitesse $2V$; c'est ce dernier champ, proportionnel à $\hat{I}_v$, qui

Fig. 17.



induit la force électromotrice dans le stator (*fig. 16 et 17*).

Au lieu d'aborder de suite l'étude de l'influence des harmoniques supérieures sur la courbe de charge, nous étudierons d'abord un cas intermédiaire, plus simple, qui nous permettra de

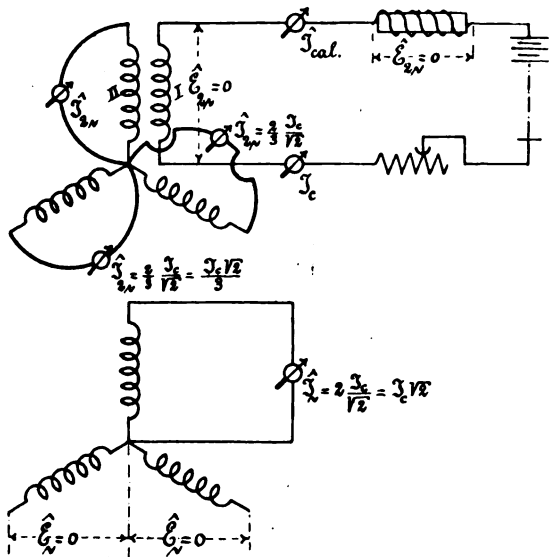
(1) Pour les deux premières Parties, voir la *Revue électrique* du 30 mai, p. 296.

suivre plus nettement les réactions des enroulements induit et inducteur l'un sur l'autre.

B. CARACTÉRISTIQUES DES MONOPHASÉS AVEC UN ENROULEMENT TRIPHASÉ FERMÉ SUR L'INDUCTEUR. — Pour l'excitation de la machine nous nous servons toujours du second fil de la phase du stator, avec une self-induction suffisante dans son circuit pour y empêcher la production des périodiques supérieures. Sur le rotor nous ne gardons qu'une phase que nous mettons pour commencer en court-circuit.

Nous étudierons la courbe de charge du stator ⁽¹⁾ débitant en triphasé et, fidèle à notre méthode, nous chercherons d'abord le courant de court-circuit (*fig. 18*).

Fig. 18.



Nous avons vu précédemment que le champ alternatif du rotor se décompose en un champ fixe par rapport au stator et en un autre tournant à la vitesse $2V$, et que ce dernier induit dans les trois phases des tensions $\hat{E}_{2v}$, décalées l'une de l'autre de 120° . En fermant ces trois phases en court-circuit il s'y développera un courant tri-

phasé de fréquence $2v$ qui engendrera un champ tournant à la vitesse $2V$ dans le même sens que le rotor; sa vitesse relative à celui-ci sera donc V .

Pour rechercher la valeur de ce champ, remarquons qu'elle est indépendante du temps, c'est-à-dire que le champ est constant d'intensité, mais variable de direction; il est donc indifférent quelle position momentanée nous envisageons. Choisissons la position où le courant dans une des trois phases atteint son maximum, alors il se partage uniformément dans les deux autres. Le courant maximum, dans la première phase, engendrera un champ $\bar{\Psi}$ qui se composera, avec les deux champs $\frac{\bar{\Psi}}{2}$ des deux autres phases (par suite de la nature même de l'enroulement triphasé), pour former un champ résultant $1,5\bar{\Psi}$ (*voir fig. 11 b*). Le courant, dans l'enroulement triphasé du stator, aura donc pour valeur maximum $\frac{\hat{I}_{2v}}{2 \cdot 1,5} = \frac{1}{3} \hat{I}_{2v}$. Mais le champ de vitesse $2V$, qui tourne à la vitesse V par rapport au rotor, a augmenté de $\bar{\Psi}$ à $1,5\bar{\Psi}$; il s'ensuit que le courant de court-circuit du rotor augmentera de $\hat{I}_v$ à $1,5\hat{I}_v$. Ce champ supplémentaire, en réagissant sur le stator, y produit une augmentation du courant de fréquence double de $\frac{1}{3} \hat{I}_{2v}$ à $\frac{1,5}{3} \hat{I}_{2v} = \frac{1}{2} \hat{I}_{2v}$. Puis, de nouveau, réaction du stator et ainsi de suite; nous obtiendrons donc, par approximation progressive, les valeurs finales suivantes :

Dans le rotor,

$$\hat{I}_v \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \dots \right) = \hat{I}_{v,2};$$

dans le stator,

$$\frac{1}{3} \hat{I}_{2v} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \dots \right) = \hat{I}_{2v} \cdot \frac{2}{3}.$$

Le courant de court-circuit dans le rotor augmente donc au double; c'est là le rapport bien connu entre le courant à vide et le courant de magnétisation du moteur asynchrone monophasé.

Autre remarque, celle-là fort curieuse : dans le rotor ne se produisent que des courants de fréquence simple et dans le stator seulement des courants de fréquence double; c'est donc beaucoup plus simple qu'avec un enroulement monophasé sur l'inducteur où les périodiques supérieures rendent l'étude complexe et difficile.

(1) C'est le cas d'un moteur d'induction monophasé; le rotor monophasé en court-circuit représente la partie primaire du moteur, parcouru par un courant de magnétisation, le stator équivaut à la partie secondaire du moteur enroulé en triphasé; le champ alternatif de la partie primaire se meut synchrone par rapport à la partie secondaire.

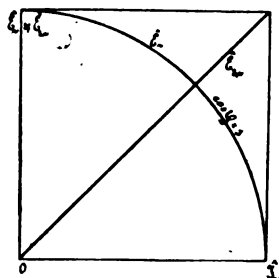
Les courants que nous venons de calculer se font un équilibre parfait. En effet, dans le stator nous avons le courant continu $\mathfrak{J}_c$ et le courant triphasé $\frac{2}{3}\hat{\mathfrak{J}}_{2v}$ de valeur maximum $\frac{2}{3}\mathfrak{J}_c$, dans le rotor le courant alternatif $2\mathfrak{J}_v$, de valeur maximum $2\hat{\mathfrak{J}}_c$. Les champs résultants se composent comme il est indiqué dans le schéma suivant :

Par rapport au stator :		Par rapport au rotor :
$\overline{\Psi}_{0v} \downarrow \downarrow \rightarrow \overline{\Psi}_{2v}$	stator	$\overline{\Psi}_v \leftarrow \downarrow \downarrow \rightarrow \overline{\Psi}_v$
$\overline{\Psi}_{0v} \uparrow \uparrow \rightarrow \overline{\Psi}_{2v}$	rotor	$\overline{\Psi}_v \leftarrow \uparrow \uparrow \rightarrow \overline{\Psi}_v$ (1)
Résultat : 0.		Résultat : 0.

Nous allons rechercher comment se comporte la tension aux bornes pour des charges différentes ; comme il n'y a que des courants d'une seule fréquence dans chaque enroulement, cet examen n'offre aucune difficulté.

a. Courbe de charge du stator. — Le rotor en monophasé est toujours en court-circuit, mais on charge les trois phases du stator sur des rési-

Fig. 19.



stances inductives ou non inductives. Dans le cas d'une charge inductive, comme $\hat{\mathfrak{J}}_v$ augmente linéairement avec $\hat{\mathfrak{J}}_{2v}$, et que $\hat{\mathfrak{E}}_{2v}$ est également linéaire avec $\hat{\mathfrak{J}}_{2v}$, la chute de tension est encore propor-

(1) Dans le moteur monophasé ordinaire, le courant continu manque. Le schéma devient alors :

Par rapport au stator :		Par rapport au rotor :
$\downarrow \rightarrow \overline{\Psi}_{2v}$	stator	$\downarrow \rightarrow \overline{\Psi}_v$
$\overline{\Psi}_{0v} \uparrow \uparrow \rightarrow \overline{\Psi}_{2v}$	rotor	$\overline{\Psi}_v \leftarrow \uparrow \uparrow \rightarrow \overline{\Psi}_v$
Résultat : $\overline{\Psi}_{0v} \uparrow$		Résultat : $\overline{\Psi}_v \leftarrow \uparrow$

Il reste donc un champ $\overline{\Psi}_{0v}$ immobile par rapport au secondaire du moteur, qui tourne à la vitesse V par rapport au primaire et y induit la même force électromotrice que le champ alternatif simple, le secondaire étant ouvert.

tionnelle au débit et la courbe de charge est une droite. Il est aussi aisé de démontrer que, pour des charges purement ohmiques, la courbe est une ellipse. Enfin, pour une charge mixte, c'est une ellipse déformée entre la droite et l'ellipse de $\cos \varphi = 1$ (fig. 19).

b. Courbe de charge du rotor. — Prenons maintenant le cas opposé, le rotor débite et l'enroulement triphasé du stator est en court-circuit. Pour une charge inductive nous obtiendrons de nouveau une droite pour les mêmes raisons que ci-dessus, de même en cas de résistance purement ohmique la courbe de charge sera une ellipse. C'est toujours le même diagramme avec les mêmes conséquences.

C'est encore la même chose si, dans l'enroulement triphasé, nous plaçons une résistance inductive quelconque. Les valeurs des courants seront moindres pour des tensions égales, mais la forme du caractéristique n'est pas influencée.

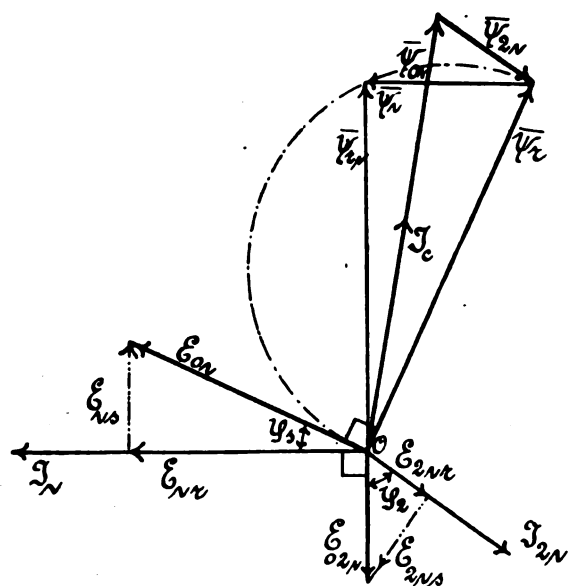
Ce n'est plus le cas si nous plaçons dans l'enroulement triphasé du stator une résistance fixe ohmique. Nous obtenons encore une droite si nous chargeons le rotor monophasé sur des résistances purement inductives ; le courant de double fréquence dans le stator est bien décalé, mais toujours de la même valeur, quelle que soit l'intensité du courant qui le traverse ; et comme ce courant produit un champ tournant, le résultat est le même que si la résistance dans le triphasé était inductive au lieu d'ohmique. Mais, dans le cas d'une charge sur résistance ohmique, nous n'obtiendrons plus une ellipse.

Nous avons vu que les deux champs produits par le courant continu et le courant triphasé tournent, par rapport au rotor, à la même vitesse, mais en sens opposé. Tant que ces charges ont la même valeur, ils agissent sur le rotor comme un champ alternatif simple ; notamment ils y introduisent une force électromotrice de fréquence v dont la valeur efficace variera entre 0 et un certain maximum, déterminé par la position du rotor par rapport à ce champ alternatif simple.

Si maintenant les deux champs n'ont pas la même valeur, il y aura dans le rotor un champ tournant résultant de forme elliptique, champ qui induira dans la phase du rotor une force électromotrice plus ou moins grande, déterminée également par la position de cette phase du rotor par rapport à ce champ. Au lieu de ce champ

elliptique résultant nous considérerons les deux champs alternatifs composants, et, d'après une remarque faite plus haut, nous ne changeons rien par rapport à l'enroulement monophasé du rotor, si nous faisons tourner les deux champs dans le même sens au lieu de les faire tourner en sens opposé. Dans le premier cas la valeur maximum du champ alternatif dans le rotor ne dépend que de la direction des deux champs et de leur décalage entre eux, dans le second cas elle dépend de la direction des champs et de l'angle entre l'axe du bobinage et la direction où les deux champs se superposent; si l'axe du bobinage se trouve exactement dans cette direction, la force électromotrice induite est maximum. Or, dans le cas où les résistances ohmiques dans l'enroulement triphasé du stator et l'enroulement monophasé du rotor sont grandes, les courants dans chaque enroulement doivent être peu décalés par rapport à leurs forces électromotrices. Il s'ensuit que l'endroit où les deux champs du stator sont exactement opposés se trouve à peu près dans le milieu de la phase du rotor et que, dans ces conditions, le champ dans le rotor n'est pas augmenté, mais affaibli. Il est facile de représenter en diagramme ce qui se passe (fig. 20). Soit $\bar{\Psi}_{0v}$ le champ pro-

Fig. 20.



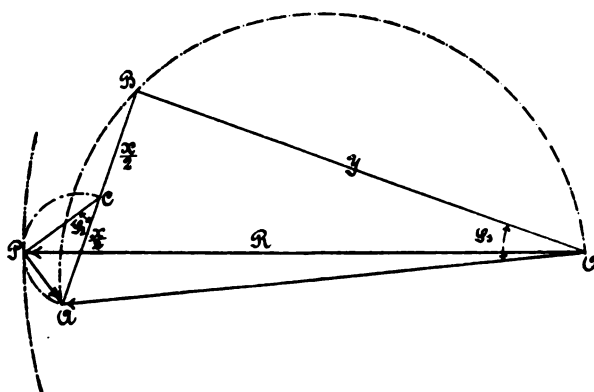
duit par le courant continu et $\bar{\Psi}_{2v}$ celui produit par le courant triphasé. Il suffit alors de supposer que ces deux champs tournent dans le même sens,

pour avoir en $\bar{\Psi}_r$ le champ résultant dans le rotor et en $\hat{\mathcal{E}}_{0v}$ la force électromotrice induite. $\hat{\mathcal{E}}_{0v}$ est proportionnel à $\bar{\Psi}_r$ et est à 90° en arrière.

Soit $\hat{\mathcal{I}}_v$ la direction du courant dans le rotor, ce sera également celle du champ $\bar{\Psi}_v$ qu'il produit; ce champ produit dans le rotor une force contre-électromotrice $\hat{\mathcal{E}}_v$ qui lui est proportionnel.

Dans le stator la force électromotrice induite $\hat{\mathcal{E}}_{02v}$ est de même proportionnelle au champ $\frac{\bar{\Psi}_v}{2}$, et comme l'impédance du circuit triphasé ne change pas, il y aura toujours entre la force électromotrice $\hat{\mathcal{E}}_{02v}$ et le courant $\hat{\mathcal{I}}_{2v}$ le même décalage φ_2 . Les forces électromotrices sont donc toujours proportionnelles aux champs et les champs aux courants, seulement les deux premiers sont décalés de 90° l'un par rapport à l'autre. Cette remarque permet de simplifier le diagramme comme le représente la figure 21.

Fig. 21.



Soit OA le champ résultant $\bar{\Psi}_r$ qui peut figurer en même temps la force électromotrice $\hat{\mathcal{E}}_{0v}$; traçons une demi-circonférence sur OA comme diamètre; alors, pour une certaine valeur de l'angle φ_1 on aura

$$\hat{\mathcal{E}}_{0v} : OA,$$

$$\hat{\mathcal{E}}_v : AB : \hat{\mathcal{I}}_v$$

et

$$\hat{\mathcal{E}}_{vr} : OB : \hat{\mathcal{E}}_v \text{ aux bornes.}$$

Prenons $AC = \frac{1}{2} AB$, faisons un angle

$$\angle ACP = \varphi_2$$

et traçons une demi-circonférence; alors

$$\widehat{C}_{02v} \doteq AC,$$

$$\widehat{C}_{2v\delta} \doteq AP \doteq \delta_{2v}$$

et

$$\widehat{C}_{2vr} \doteq PC \doteq \widehat{C}_{2v} \text{ aux bornes.}$$

Observons que l'angle

$$\begin{aligned} \widehat{OAP} &= \widehat{OAB} + \widehat{CAP} \\ &= 90 - \varphi_1 + 90 - \varphi_2 = 180 - (\varphi_1 + \varphi_2), \end{aligned}$$

c'est-à-dire l'angle entre $\overline{\Psi}_r$ et $\overline{\Psi}_{2v}$; il s'ensuit que OP représente $\overline{\Psi}_{0v}$. Si maintenant P décrit une circonférence ayant O comme centre, et si la figure se déforme de façon que l'angle $\widehat{ACP}$ reste toujours constant, alors les variations de AB et OB

représenteront les relations entre le courant et la tension aux bornes (*fig. 22 a*, $\cos \varphi_2 = 0,6$).

Analytiquement, nous aurons

$$\widehat{\delta}_v = x = \overline{AB}, \quad \overline{AC} = \frac{\overline{AB}}{2} = \frac{x}{2},$$

$$\widehat{C}_v = y = \overline{OB},$$

$$\overline{OP} = R, \quad \widehat{ACP} = \varphi_2 = \text{constant},$$

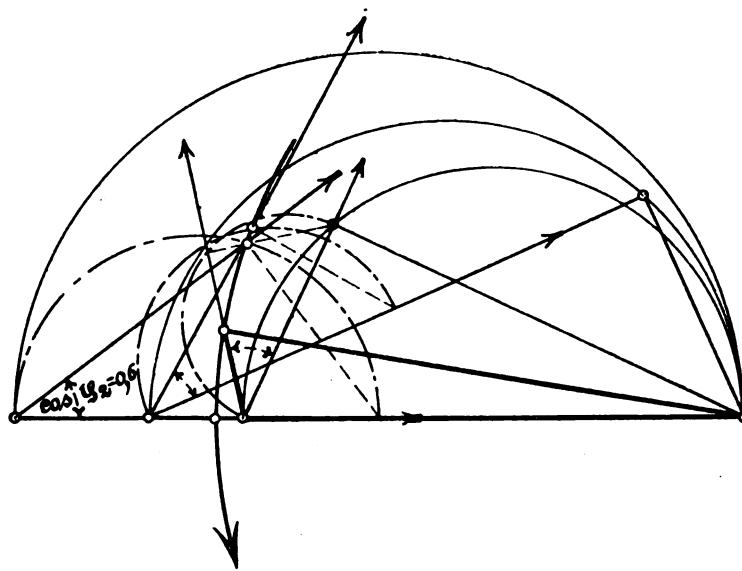
$$\widehat{PAO} = 180 - (\varphi_1 + \varphi_2),$$

$$\overline{OP}^2 = \overline{AP}^2 + \overline{OA}^2 - 2(\overline{AP} \cdot \overline{OA} \cos \widehat{PAO}).$$

$$\begin{aligned} R^2 &= \frac{x^2}{4} \sin^2 \varphi_2 + x^2 + y^2 \\ &\quad - 2 \frac{x}{2} \sin \varphi_2 \sqrt{x^2 + y^2} \cos(180 - \varphi_1 - \varphi_2), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R^2 &= \frac{x^2}{4} \sin^2 \varphi_2 + x^2 + y^2 \\ &\quad + x \sqrt{x^2 + y^2} \sin \varphi_2 (\cos \varphi_1 \cos \varphi_2 - \sin \varphi_1 \sin \varphi_2). \end{aligned}$$

Fig. 22 a.



Or

$$\tan \varphi_1 = \frac{x}{y}, \quad \cos \varphi_1 = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}}, \quad \sin \varphi_1 = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}};$$

donc

$$\begin{aligned} R^2 &= \frac{x^2}{4} \sin^2 \varphi_2 + x^2 + y^2 + x \sqrt{x^2 + y^2} \sin \varphi_2 \\ &\quad \times \left(\frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \cos \varphi_2 - \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \sin \varphi_2 \right), \\ R^2 &= \frac{x^2}{4} \sin^2 \varphi_2 + x^2 + y^2 + \frac{1}{2} xy \sin 2\varphi_2 - x^2 \sin^2 \varphi_2, \\ R^2 &= \frac{x^2}{4} (4 - 3 \sin^2 \varphi_2) + \frac{1}{2} xy \sin 2\varphi_2 + y^2, \end{aligned}$$

ou encore

$$R^2 = \frac{x^2}{8} (5 + 3 \cos 2\varphi_2) + \frac{1}{2} xy \sin 2\varphi_2 + y^2.$$

Analysons cette formule. C'est encore une ellipse, mais son centre n'est plus à l'origine. Remarquons d'abord que quel que soit φ_2 , pour $x=0$, $y=R$, c'est-à-dire la tension à vide est toujours la même.

Cherchons maintenant la valeur de x pour $y=0$ pour différentes valeurs de φ_2 , c'est-à-dire le courant de court-circuit dans le rotor avec des

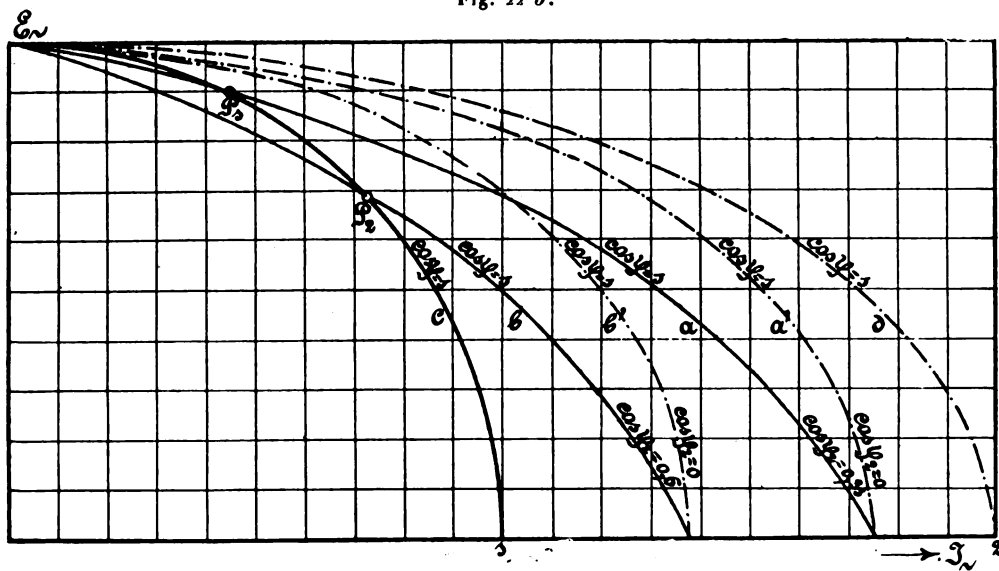
résistances différentes dans le stator :

	Pour $y = 0$.
$\varphi_2 = 90^\circ$ $\cos 2\varphi_2 = 1$ $\sin 2\varphi_2 = 0$ $R^2 = \frac{x^2}{4} + y^2$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} x = 2R = 2R.$
$\varphi_2 = 60^\circ$ $\cos 2\varphi_2 = \frac{1}{2}$ $\sin 2\varphi_2 = \frac{1}{2}\sqrt{3}$ $R^2 = \frac{7}{16}x^2 + \frac{1}{4}xy\sqrt{3} + y^2$	
$\varphi_2 = 45^\circ$ $\cos 2\varphi_2 = 0$ $\sin 2\varphi_2 = +1$ $R^2 = \frac{5}{8}x^2 + \frac{1}{2}xy + y^2$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} x = \frac{4R}{\sqrt{7}} = 1,51R.$ $\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} x = \frac{4R}{\sqrt{10}} = 1,264R.$

	Pour $y = 0$.
$\varphi_2 = 30^\circ$ $\cos 2\varphi_2 = \frac{1}{2}$ $\sin 2\varphi_2 = \frac{1}{2}\sqrt{3}$ $R^2 = \frac{13}{16}x^2 + \frac{1}{4}xy\sqrt{3} + y^2$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} x = \frac{4R}{\sqrt{13}} = 1,11R.$
$\varphi_2 = 0^\circ$ $\cos 2\varphi_2 = 1$ $\sin 2\varphi_2 = 0$ $R^2 = x^2 + y^2$	

Nous voyons que ces valeurs deviennent de plus en plus petites si φ_2 diminue, c'est-à-dire si la résistance ohmique dans le stator augmente. Pour $\cos \varphi_2 = 1$, c'est-à-dire l'enroulement triphasé ouvert, nous avons l'ellipse $R^2 = \frac{x^2}{4} + y^2$; pour $\cos \varphi_2 = 0$, l'enroulement triphasé fermé en

Fig. 22 b.



court-circuit, c'est l'ellipse $R^2 = x^2 + y^2$ (cercle). Enfin pour une valeur intermédiaire de $\cos \varphi_2$ l'ellipse ne se trouve pas entièrement entre ces deux limites, mais elle coupe l'ellipse de $\cos \varphi_2 = 0$.

Il est même des plus faciles de calculer le point d'intersection, qui est commun aux courbes

$$(1) \quad R^2 = \frac{x^2}{8} (5 + 3 \cos 2\varphi_2) + \frac{1}{2} xy \sin 2\varphi_2 + y^2$$

et

$$(2) \quad R^2 = x^2 + y^2.$$

Les coordonnées au point d'intersection doivent

satisfaire à l'équation

$$\frac{x^2}{8} (3 - 3 \cos 2\varphi_2) - \frac{1}{2} xy \sin 2\varphi_2 = 0,$$

qui est la différence entre (1) et (2). Une première solution est $x = 0$, avec $y = R$, solution déjà connue.

L'équation se réduit à

$$\frac{3}{8} x (1 - \cos 2\varphi_2) - \frac{1}{2} y \sin 2\varphi_2 = 0$$

$$y = \frac{3}{4} x \frac{\sin 2\varphi_2}{1 - \cos 2\varphi_2},$$

11..

et en substituant en (2)

$$x^2 + \frac{9}{16} x^2 \left(\frac{\sin 2\varphi_2}{1 - \cos 2\varphi_2} \right)^2 = R^2 = x^2 \left(1 + \frac{9}{16} \tan^2 \varphi_2 \right),$$

d'où

$$x = \frac{4R}{\sqrt{16 + 9 \tan^2 \varphi_2}},$$

ainsi,

pour 90°	$x = 0,$
» 60°	$x = 0,71 R,$
» 45°	$x = 0,8 R,$
» 30°	$x = 0,87 R,$
» 0°	$x = 1 R.$

Ainsi, plus la résistance dans le stator est grande, plus longtemps la tension aux bornes du rotor pour un courant donné est inférieure à la tension qu'il y aurait, si, avec ce même courant, le stator était en court-circuit. Nous pouvons tracer les ellipses a' et b' qui nous représentent la courbe de charge du rotor avec une résistance inductive dans le stator, telle qu'on obtient le même courant de court-circuit. En comparant ces courbes, nous voyons la grande influence nuisible de la résistance ohmique dans le circuit polyphasé du stator sur la chute de tension de la génératrice monophasée (*fig. 22 b*).

Ainsi, en comparant a et b avec c , nous voyons que, dans le premier cas, jusqu'à une chute de tension de 10 pour 100, c est plus favorable que a et, dans le second cas, il serait préférable de marcher avec c au lieu de b , jusqu'à une chute de tension de 30 pour 100.

Le point suivant est encore à relever; quand le stator est ouvert (cas c) il se produit dans le fer du stator des pertes provoquées par le champ du rotor qui tourne à la vitesse $2V$ par rapport au stator. Avec le stator en court-circuit, les pertes dans le fer disparaissent, mais à leur place se produisent les pertes dans le cuivre de l'enroulement triphasé.

C. CARACTÉRISTIQUES DES MONOPHASÉS AVEC UN ENROULEMENT MONOPHASE FERMÉ SUR L'INDUCTEUR. — Nous nous replaçons dans les mêmes conditions que dans le Chapitre précédent, seulement, au lieu du bobinage triphasé, nous n'emploierons sur le stator que le fil I de la phase dont le fil II sert de circuit d'excitation.

Nous avons vu antérieurement qu'en court-circuit il se développe un nombre infini d'harmoniques supérieures de fréquence impaire dans le

rotor et de fréquence paire dans le stator et que tous ces courants prennent la même valeur finale, double de celle à stator ouvert, de sorte que le courant résultant devient infini tant dans le rotor que dans le stator. Ce résultat seul suffit déjà pour dire que la courbe de charge du stator avec le rotor en court-circuit ou inversement doit être une droite, tant pour une charge inductive que pour une charge non inductive.

Nous arriverons au même résultat par l'étude que nous allons faire et qui consiste à trouver la forme de la courbe de charge d'un des enroulements (rotor ou stator) avec une résistance arbitraire inductive ou non dans l'autre. Nous commençons à supposer la résistance purement inductive puisque le résultat est alors le plus simple.

a. Charge purement inductive (self-induction fixe dans le stator, variable dans le rotor). — L'étude mathématique donne les équations suivantes :

$$\hat{C}_S = K(1 - \beta)\hat{\Delta}_S \quad \text{et} \quad \hat{C}_R = K(\alpha - 1)\hat{\Delta}_R,$$

équations de deux droites qui, dans le cas du court-circuit pour $\alpha = 1$ et $\beta = 1$ représentent des droites parallèles à l'axe des $\hat{\Delta}$.

b. Charge non inductive (self et résistance fixes dans le stator, variables dans le rotor). — L'étude mathématique devient fort compliquée et n'aboutit pas à un résultat définitif.

Toutefois, si l'on ne considère qu'un nombre restreint d'harmoniques supérieures, on obtient une ellipse et l'on peut rendre plausible par un raisonnement que la courbe de charge dans ce cas est de forme elliptique, de sorte qu'on peut appliquer aux monophasés la même théorie qu'aux triphasés. Du reste notre étude s'applique aux machines pratiques pour une autre raison. En effet, on peut classer les constructions courantes en trois catégories :

1° Les alternateurs à amortisseurs (Hutin et Leblanc) sur lesquels peut s'appliquer entièrement notre étude de la machine à inducteur polyphasé;

2° Les alternateurs sans amortisseurs, mais à pôles massifs. Ici les courants de Foucault produits dans les pièces polaires n'ont pas leur valeur maximum au même moment sur tout le développement de la pièce polaire; ils sont donc

évidemment décalés entre eux et leur influence sur l'induit sera comparable à celle de notre inducteur polyphasé; nous montrerons ci-après que ces phénomènes sont réellement plutôt d'ordre polyphasé que monophasé;

3° Enfin, les alternateurs à pôles et culasses lamellées. Ici les phénomènes sont parfaitement

monophasés, parce qu'il n'y a sur l'inducteur que le bobinage monophasé, formé par ses électros, dans lequel se manifestent les variations de flux. Il n'y a que pour cette dernière catégorie qu'il serait désirable de connaître le résultat de la machine idéale (1).

J. REZELMAN.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS (2).

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

Recherches sur la distribution du flux magnétique dans les armatures dentées, par H.-S. Hele SHAW, Alf. HAY et P.-H. POWELL (*Journal of Inst. of Electrical Engineers*, t. XXII, p. 21-53, février 1905).

Le professeur Hele Shaw et M. A. Hay avaient déjà présenté, il y a 4 ans, la méthode hydrodynamique qui leur a permis d'étudier le problème; ils le rappellent dans le Mémoire lu le 24 novembre 1904 et ils donnent les résultats de leurs essais.

Les lois qui régissent la distribution du flux de force magnétique dans un espace à deux dimensions sont identiques à celles qui s'appliquent aux lignes de courant d'un fluide incompressible; l'étude du mouvement d'un liquide entre deux surfaces parallèles montre ce qui se passe dans un circuit magnétique, il suffit de rendre visible le mouvement des filets liquides en injectant un liquide coloré dans le courant du même liquide incolore.

Le fluide théoriquement parfait est encore inconnu, mais les recherches de Stokes ont montré qu'un liquide visqueux circulant, en couche mince, entre deux plans parallèles, donne des résultats identiques à ceux d'un liquide parfait.

Afin de représenter les milieux de différentes perméabilités, les auteurs ont fait varier l'épaisseur de la couche liquide; on sait que, sous pression constante, la vitesse est proportionnelle au cube de l'épaisseur de la couche liquide.

Le courant liquide était produit entre deux épaisses plaques de verre sur lesquelles des couches

de paraffine plus ou moins épaisses formaient des passages étranglés dont la résistance équivalait à la réluctance de la partie considérée du circuit magnétique. Neuf belles photographures représentent les résultats de certaines expériences, les figures 1 à 3 reproduisent l'aspect de trois d'entre elles.

Les auteurs rappellent d'abord les travaux de leurs devanciers. Si l'on veut connaître la surface effective de l'entrefer, le moyen le plus simple consiste à ajouter à la longueur de l'arc polaire un terme qui est le produit de la longueur de l'entrefer par un coefficient c dont la valeur dépend du rapport r de la distance entre deux pièces polaires à la longueur de l'entrefer :

$r..$	4	8	12	20	30	40	60
$c..$	1,32	2,15	2,65	3,28	3,78	4,14	4,66

Les dents de l'armature troublent la distribution du flux; celui-ci rencontre une résistance plus grande que si l'armature était lisse. Tout se passe comme si l'entrefer avait une longueur plus grande et le coefficient de correction pour obtenir la longueur effective de cet entrefer dépend des rapports $\frac{s}{t}$ et $\frac{s}{g}$, s étant la longueur d'une rainure, t la longueur d'une dent et g la longueur de l'entrefer.

Les auteurs ont étudié le problème en partant des courants hydrodynamiques; ils ont simplement compté le nombre de filets compris dans l'unité de longueur, dans l'espace correspondant à la dent, et l'ont divisé par le nombre moyen correspondant à la dent et à la rainure. Ils ont comparé le coefficient de correction ainsi déterminé avec les coefficients

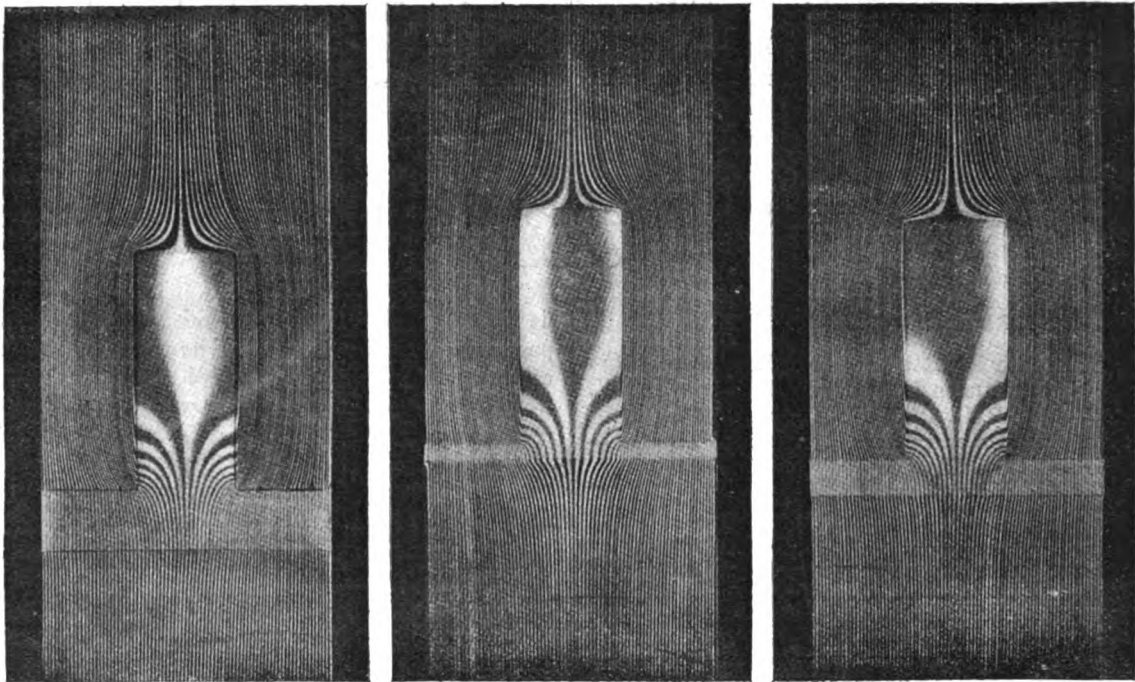
(1) En pratique, on peut se contenter de ne prendre en considération qu'un nombre limité d'harmoniques supérieures et de négliger toutes les harmoniques plus élevées. A ce sujet, nous renvoyons le lecteur à l'excellent article de M. Ch. Westphal dans l'*Eclairage électrique*, n° 31, du 2 août 1902.

(2) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (1^{re}). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes: BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

donnés par les formules ci-dessous ⁽¹⁾ et ont trouvé un accord très satisfaisant avec celle de Carter.

Indépendamment de la détermination du coefficient de correction par la méthode hydrodynamique,

Fig. 1, 2, 3.

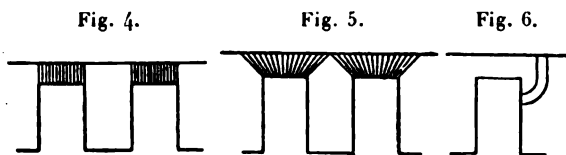


les auteurs ont fait des essais directs sur une petite dynamo munie de différents induits dentés; ils ont

(¹) La première méthode de calcul employée consiste à supposer que tout le flux passe par le sommet des dents (fig. 4); dans cette supposition le coefficient de correction k a pour valeur

$$k = \frac{\ell + s}{\ell} = 1 + \frac{s}{\ell}.$$

On peut supposer aussi que la surface de l'entrefer est la



moyenne arithmétique entre la surface polaire totale et celle qui correspond à la longueur des dents; on a

$$k = \frac{\ell + s}{\ell + \frac{1}{2}s} = \frac{1 + \frac{s}{\ell}}{1 + \frac{1}{2}\frac{s}{\ell}}.$$

Si l'on suppose les lignes de force droites et disposées en éventail (fig. 5), la réluctance totale de l'entrefer est

$$\int_0^s \frac{dx}{\ell + \frac{s}{g}x} = \frac{g}{s} \log\left(1 + \frac{s}{\ell}\right),$$

mesuré le flux dans l'entrefer et dans trois sections différentes des dents, ce qui leur a permis de vérifier que les équipotentielles magnétiques ne sont pas

x étant la distance de la courbe dx à la surface polaire; comme la réluctance de l'entrefer lisse serait

$$\frac{g}{\ell + s},$$

le coefficient de correction est

$$k = \left(1 + \frac{\ell}{s}\right) \log\left(1 + \frac{s}{\ell}\right).$$

MM. Hawkins et Wightmann supposent que les lignes de force sont composées de lignes droites et de quarts de cercle, comme le représente la figure 6; le calcul les conduit à

$$k = \frac{1 + \frac{s}{\ell}}{1 + \frac{4}{\pi} \frac{g}{\ell} \log\left(1 + \frac{4}{\pi} \frac{s}{g}\right)}.$$

Enfin M. Carter, partant de considérations théoriques, avait donné

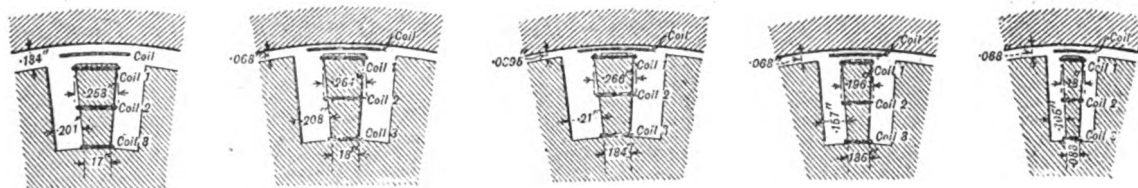
$$k = \frac{1 + \frac{s}{\ell}}{1 + (1 - \sigma) \frac{s}{\ell}},$$

$$\sigma = \frac{2}{\pi} \left[\frac{1}{\tan \frac{s}{2g}} - \frac{g}{s} \left(1 + \frac{1}{4} \frac{s^2}{g^2}\right) \right].$$

des surfaces cylindriques coaxiales à l'armature, mais ont des formes compliquées par la réfraction des lignes de force, ainsi que le montrent bien les photographies des lignes de courant.

La dynamo ayant servi aux expériences avait 14^m d'alésage et les armatures dont les données sont contenues dans le Tableau ci-après avaient été construites. La figure 7 représente la forme des dents dans cha-

Fig. 7.



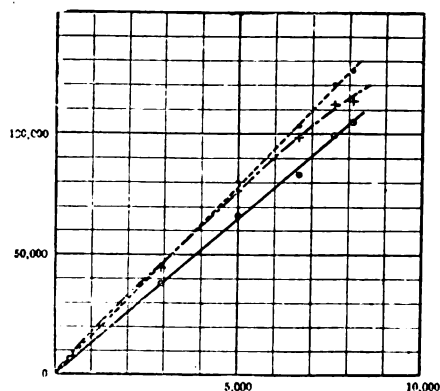
cune des armatures ainsi que la position des bobines d'exploration (coil) destinées à l'étude de la distribution du flux dans les dents. Toutes les armatures avaient même diamètre; les trois premiers schémas

se rapportent à trois armatures à 36 dents, le quatrième à une armature de 48 dents et le dernier à une de 72 dents. Le Tableau suivant fournit quelques données sur ces armatures :

Diamètre de l'armature en centimètres.....	13,33	13,65	13,65	13,65	13,80
Nombre de dents.....	36	36	48	72	36
Longueur de l'entrefer en centimètres.....	0,340	0,173	0,173	0,173	0,100
Largeur de la rainure en centimètres.....	0,510	0,528	0,399	0,267	0,533
Largeur de la dent en centimètres, au sommet...	0,640	0,671	0,498	0,330	0,675
» » au milieu....	0,510	0,528	0,399	0,267	0,559
» » au fond.....	0,430	0,427	0,345	0,211	0,467
Largeur de la bobine de l'entrefer en centimètres..	1,165	1,15	0,833	0,62	1,20
Longueur de la bobine de l'entrefer en centimètres.	9,70	9,68	9,5	9,39	9,49

Les mesures étaient faites par la méthode balistique. Les inducteurs étant excités, la dent portant les bobines d'exploration était amenée au milieu d'une des pièces polaires et tournée brusquement jusqu'au milieu de l'autre pièce polaire; des arrêts

Fig. 8.



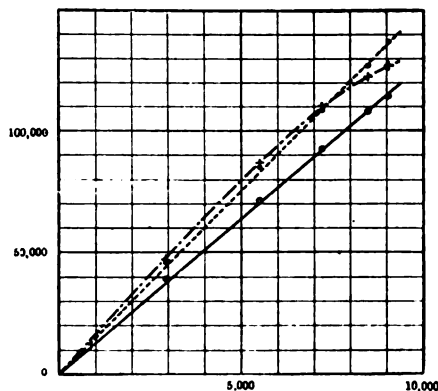
à ressort permettaient de faire cette rotation exactement et sans chocs nuisibles.

La durée de la rotation de l'armature était d'environ 1 seconde et la période d'oscillation du galva-

nomètre de 80 secondes environ; ce dernier était amorti par un disque de cuivre passant entre les pôles d'un électro.

Le flux dans les différentes parties de la dent a été déterminé pour des valeurs du champ magnétique

Fig. 9.

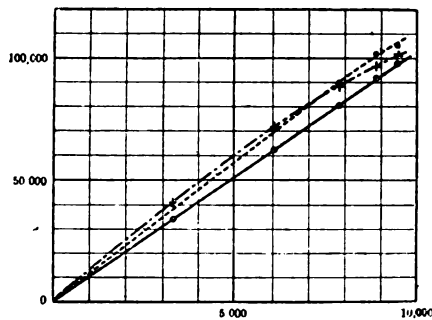


dans l'entrefer allant de 3000 à 10000 gauss. Les figures 8 à 12 donnent (dans le même ordre que dans le Tableau) le flux total dans la dent en fonction du champ dans l'entrefer; la courbe pleine se rapporte

11...

au sommet de la dent, la courbe pointillée au milieu et enfin le trait interrompu à la base. Ces courbes montrent que le flux augmente du sommet à la base de la dent, comme l'indiquaient également les figures hydrodynamiques, mais de plus, chose que les courants liquides ne pouvaient pas montrer puisque la résistance à l'écoulement reste constante, lorsque

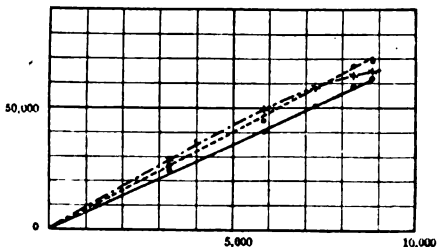
Fig. 10.



le fer se sature à la base de la dent, le flux tend à devenir constant alors qu'il augmente encore au milieu et au sommet. Cet effet est caractérisé sur les figures par le croisement des courbes.

En divisant les flux mesurés par la surface de la bobine d'exploration correspondante, on obtient la valeur de l'induction dans les diverses parties de la

Fig. 11.



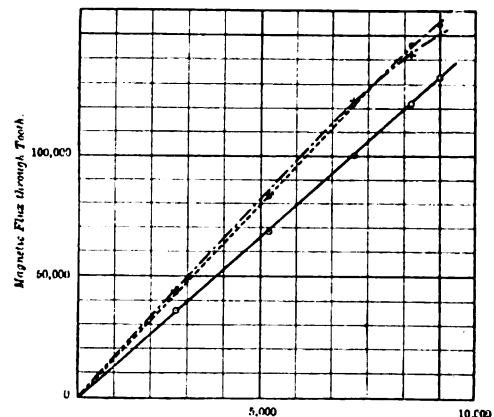
dent; il ressort du Tableau publié par les auteurs que cette induction a atteint jusqu'à 25 700 gauss au fond de la dent de l'armature de $13^{\text{cm}},8 (5' \frac{7}{16})$ alors que le champ dans l'entrefer était de 10 000 gauss.

De la discussion qui a suivi cette Communication on peut tirer quelques remarques intéressantes. Le professeur Sylvanus Thomson fait observer que l'analogie entre les courants hydrodynamiques et les lignes de force n'est pas complète, car les lignes de courant ont un commencement et une fin, tandis que les lignes de force sont toujours des courbes fermées. La répartition des lignes de force passant du fer dans l'air et réciproquement exige que ce

passage se fasse toujours presque normalement à la surface de séparation des deux milieux.

Lorsqu'on veut déterminer à l'avance la réluctance d'un système magnétique, on peut être sûr que la meilleure solution parmi celles que l'on peut calculer est celle qui donne la valeur la plus faible, car les lignes de force se groupent toujours de façon à donner le flux maximum.

Fig. 12.



Lorsqu'une armature se déplace dans un champ, les lignes de force se déplacent relativement au fer et il est intéressant de se rendre compte de la manière dont se fait ce déplacement. Les conducteurs engagés dans les rainures d'une armature sont pratiquement protégés contre le champ magnétique, car le flux est absorbé presque en entier dans les dents, par suite, il semble que pendant la rotation les conducteurs ne coupant pas de lignes de force ne doivent être le siège d'aucune force électromotrice. En réalité, il n'en est rien et si, au repos, il y a très peu de lignes de force dans les rainures où se trouvent les conducteurs, il faut remarquer que, dès que l'armature se met en mouvement, les lignes de force passent d'une dent à l'autre avec une grande vitesse, alors qu'elles se déplacent lentement dans la dent elle-même. Cette différence fait comprendre comment, malgré la faible densité du flux au fond de la rainure, toutes les lignes de force du champ traversent les conducteurs. Le professeur J. Thompson ayant fait dessiner la forme des lignes de force pour différentes positions des dents, montre le phénomène en projetant les images avec un cinématographe.

M. Carter souhaite que les auteurs appliquent leur méthode au cas des moteurs d'induction dans lesquels l'inducteur et l'induit sont également dentés, car dans ce cas le calcul est à peu près impossible. M. Carter complète les renseignements fournis sur

le coefficient de correction en donnant un graphique qui représente ce coefficient en fonction du rapport $\frac{s}{g}$ de la rainure à l'entrefer.

H. A.

Les principes généraux dans la construction des alternateurs. par P. BOUCHEROT. (Conférence faite le 30 mai à la Société française de Physique.) — M. Boucherot commence par donner quelques détails sur la forme et sur la construction des divers alternateurs, les uns dénommés *hétéropolaires*, à flux inducteur alternatif, les autres appelés *homopolaires*, à flux ondulé. Ces derniers qui ont le gros avantage de n'avoir qu'une seule bobine magnétisante, laquelle est fixe, tendent cependant à disparaître, car ils sont très lourds pour une puissance déterminée.

Parlant de la construction des inducteurs et de l'induit, M. Boucherot montre de quelle façon on assemble les tôles; celles-ci ont, en général, 0^{mm},3 à 0^{mm},4 d'épaisseur et peuvent être faites d'une seule pièce pour des diamètres allant jusqu'à 1^m,10 et même 1^m,40. Au delà de ces dimensions, on assemble des segments. Sur l'épaisseur des tôles assemblées on ménage, en général, un ou plusieurs canaux de ventilation. La denture des tôles, effectuée en vue du logement des conducteurs, peut être droite ou elliptique; dans le premier cas, on a l'avantage de pouvoir introduire directement des bobines toutes montées. Les conducteurs sont des fils jusqu'au diamètre de 3^{mm} à 4^{mm} et des câbles ou des barres au delà.

Les vitesses ordinairement adoptées dépassent quelquefois 30^m par seconde pour les grands alternateurs volants, elles ne dépassent guère 15^m par seconde pour les petits alternateurs. Une action dont il est très important de tenir compte est celle des attractions magnétiques; dans les grosses machines, on atteint facilement ainsi des efforts de 50000^{kg}. On comprend, dans ces conditions, que l'on doit donner aux matériaux de soutènement une robustesse considérable et que le poids de ces matériaux augmente plus rapidement que le diamètre.

M. Boucherot parle ensuite de la forme des courbes fournies par les alternateurs, forme dont on ne tenait pas compte au début, mais qui éveille bien vite l'attention par les effets de résonance dus aux harmoniques. Les capacités actuelles ne sont pas assez grandes pour faire résonner la fréquence ordinaire; mais elles font résonner les harmoniques de la courbe. Heureusement les effets de résonance sont atténués par les courants de Foucault qui agissent d'une façon importante pour ces hautes fréquences. Les harmoniques ont deux sources: la forme des pôles et la denture de l'induit. Celles dues à la forme des pôles peuvent être de rang 2, 3, 4 ou 5; elles sont, en général, de rang impair. L'harmonique 3 étant la plus importante. On peut faire disparaître facilement cette harmonique par simple modification de construction.

Si l'on appelle n le nombre de dents par paire de pôles, les harmoniques dues aux dentures sont de la forme $\sin n\omega t \sin \omega t$; elles sont équivalentes à deux harmoniques, l'une de rang $n+1$ et l'autre de rang $n-1$. On peut les réduire en arrondissant les extrémités des cornes polaires ou en inclinant les bords des pôles par rapport aux encoches.

Pour caractériser un alternateur, il ne suffit pas de donner sa tension, son intensité et son facteur de puissance $\cos \varphi$, il est nécessaire d'indiquer également son intensité en court-circuit.

Le rapport R entre l'intensité de court-circuit et l'intensité du courant normal est plus petit avec les machines à faible entrefer.

Lorsque R est grand les machines sont à faible réaction; elles sont à grande réaction lorsque R est petit. Au lieu de

donner l'intensité en court-circuit, on peut aussi indiquer la chute de tension avec l'intensité. On comprend l'importance pratique de ces indications. Pour les alternateurs employés en Electrochimie, par exemple, il ne faut pas qu'il résulte de détériorations par le fait d'un court-circuit, ce cas se présentant fréquemment; on prendra donc des machines à forte chute de tension. Au contraire, les machines à faible chute de tension devront être employées dans les stations centrales d'éclairage. Les indications précédentes sont données pour une vitesse constante; mais il convient de remarquer que la tension d'un alternateur baisse plus vite que sa vitesse.

Traitant du couplage des alternateurs, M. Boucherot décrit les dangers du décrochage. Si p est le nombre de paires de pôles, il n'y a pas de décrochage quand l'écart angulaire ne dépasse pas $\frac{90}{p}$ degrés. Mais il faut tenir compte aussi de la variation de tension, de telle sorte que, pour un alternateur couplé sur un réseau, on doit admettre comme maximum d'écart angulaire $\frac{10}{p}$ degrés. L'alternateur peut être écarté de

sa position d'équilibre par une variation dans l'admission de vapeur. En général, l'amortissement est positif et l'alternateur tend à revenir à sa position d'équilibre. Dans le cas où l'on fait usage de circuits amortisseurs (amortisseurs Leblanc), on augmente considérablement l'amortissement.

À côté des oscillations libres il y a à considérer les oscillations forcées qui sont dues au moteur commandant l'alternateur. L'effort dû aux coups de piston est, en effet, variable et il en résulte une harmonique de terme 2. Mais d'autres termes sont dus à l'obliquité de la bielle; tous les termes impairs viennent de cette cause. Lorsqu'on couple l'alternateur sur le réseau, on accroît l'écart angulaire par un coefficient variable avec chaque terme et plus grand pour le premier terme; c'est donc celui-ci le plus dangereux. En général, il faut adopter un volant égal à deux ou trois fois le volant de résonance. Avec des valeurs plus élevées, il pourrait résulter des inconvénients à la mise en parallèle.

En ce qui concerne les régulateurs des machines, on doit avoir un écart de réglage assez grand. On appelle *écart de réglage* le rapport entre la différence de vitesse à vide et en charge et la moyenne de ces deux vitesses. Pour obtenir une bonne marche en parallèle, cette variation de vitesse doit être de 4 à 5 pour 100. Il y a lieu de tenir compte d'un retard de distribution, la vapeur mettant un certain temps avant d'agir sur le piston; ce retard est d'environ un quart de tour pour une machine monocylindrique. M. Boucherot montre l'influence du volant sur les oscillations provenant du régulateur; il démontre qu'en augmentant le volant on accroît la région dangereuse.

Pour terminer, M. Boucherot dit quelques mots du compoundage des alternateurs qu'il divise en deux parties: compoundage purement physique et compoundage électromécanique. Dans la première catégorie on peut citer le procédé Leblanc dans lequel l'intermédiaire entre l'alternateur et le courant continu est une commutatrice. Dans le procédé Boucherot, l'intermédiaire est une dynamo-excitatrice à enroulements sinusoïdaux; ce procédé fonctionne d'une façon très satisfaisante et il y a actuellement en service 60 à 70 alternateurs ainsi compoundés, sortant de la maison Bréguet. Le compoundage Blondel est employé par la maison Sautter Harlé; il comprend une grosse excitatrice constituée par une commutatrice et une petite excitatrice qui produit un champ constant dans la commutatrice. Comme autre système de compoundage purement physique, on peut encore citer le procédé Heyland employé par la Société alsacienne.

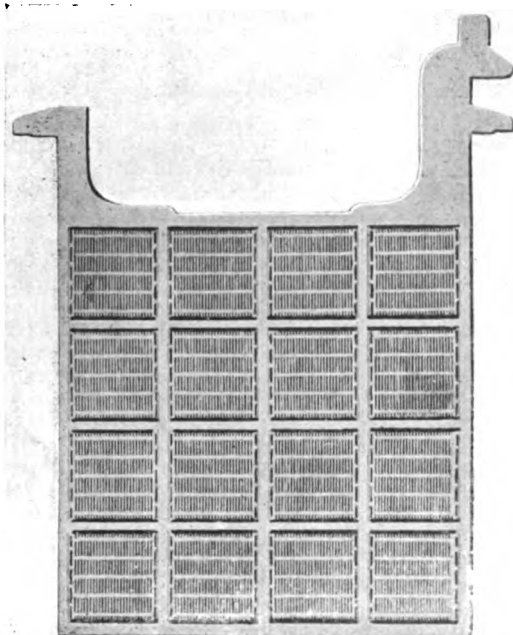
Le compoundage électromécanique n'a pas encore reçu d'applications. Dans un premier système, M. Routin a fait

agir le régulateur sur le rhéostat d'excitation; un deuxième système est beaucoup plus compliqué. M. Picou a proposé également un procédé de compoundage électromécanique.

L. J.

Accumulateur Bijur (d'après renseignements envoyés par la General Storage Battery Co, de New-York). — Chaque plaque de cet accumulateur, déjà signalé ici (t. I, p. 42 et t. II, p. 16; 30 janvier et 15 juillet 1904), est constituée par un cadre en plomb antimoné, très solide, dont les nervures forment des alvéoles sensiblement carrées et d'assez grandes dimensions dans lesquelles sont enchâssées des grilles élémentaires (fig. 1). Celles-ci sont elles-mêmes constituées par

Fig. 1.

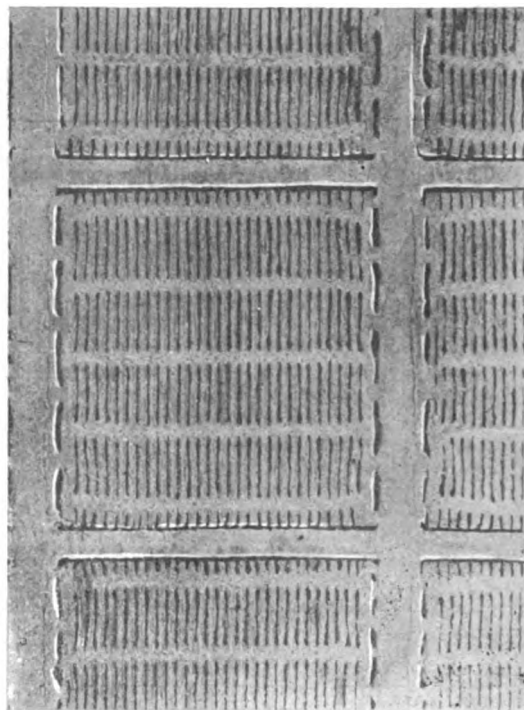


de nombreuses bandes minces de plomb doux disposées verticalement et maintenues par des nervures horizontales également en plomb doux; elles portent latéralement deux bandes verticales ajourées. Pour préparer ces grilles, on place les bandes de plomb dans un moule chaud légèrement incliné autour d'un des côtés parallèles aux bandes, puis on verse du plomb fondu surchauffé suivant les lignes que doivent occuper les nervures, en ayant soin de commencer par le bas; dans ces conditions le plomb fondu se solidifie presque immédiatement et forme un obstacle empêchant de couler le plomb versé plus haut.

Ces grilles élémentaires sont ensuite réunies par soudure autogène aux nervures verticales du cadre; puis les plaques ainsi fabriquées sont soumises à la formation suivant le mode Planté. Le foisonnement accompagnant cette formation ne peut déformer les grilles élémentaires, car on a eu soin de prendre, d'une part, la longueur des bandes de plomb un peu inférieure à la hauteur de l'alvéole et, d'autre part, de disposer, comme nous l'avons dit, sur les côtés latéraux des grilles des bandes ajourées qui s'écraient sous l'effet du foisonnement latéral. Après formation les grilles prennent l'aspect indiqué par la figure 2 qui représente un fragment de

plaque formée. On obtient ainsi une plaque très solide, de grande surface active, qui n'éprouve en fonctionnement aucune déformation et présente une capacité massique con-

Fig. 2.



sidérable. Un modèle de ces accumulateurs est appliqué à l'éclairage des trains; il comporte 13 plaques de 20^{cm} de large, 26^{cm},5 de haut et 1^{mm} d'épaisseur; sa capacité est de 432 ampères-heures pour une décharge en 8 heures.

Quelques installations récentes de turbines hydrauliques, par FLAMANT, inspecteur général des Ponts et chaussées (*Revue de Mécanique*), t. XVI, p. 305-323, 30 avril).

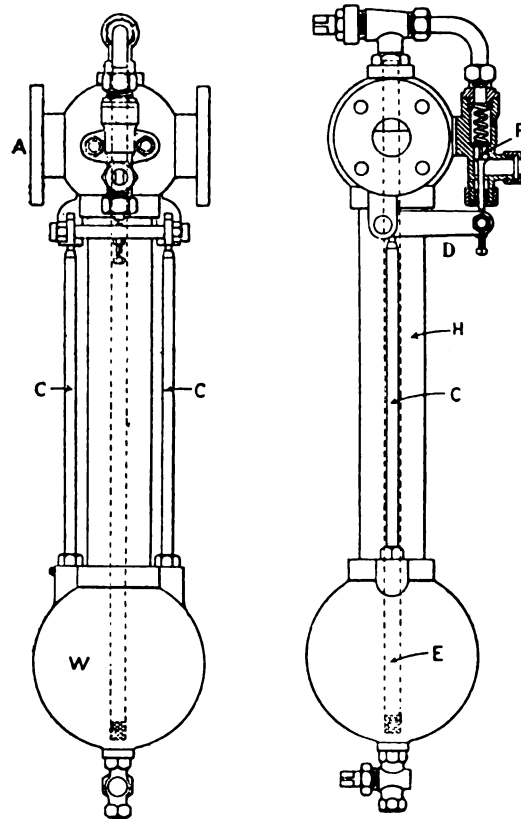
— Dans l'introduction à cet article où il se propose de décrire quelques types d'usines hydrauliques récentes, l'auteur expose rapidement l'état actuel de l'industrie des turbines: En Europe, c'est aujourd'hui la Suisse, dépourvue de combustibles minéraux et au contraire abondamment pourvue de chutes d'eau, qui tient la tête de l'industrie de la fabrication des turbines; elle y est suivie de près par l'Italie, l'Allemagne et l'Autriche. La France, bien qu'elle ait vu naître la turbine et qu'elle possède de nombreuses chutes d'eau, ne semble pas avoir dans cette industrie, le rang qui lui conviendrait: beaucoup des turbines qui y sont installées viennent de Suisse, et les constructeurs français se sont bornés pendant trop longtemps à copier, presque servilement, les turbines américaines. Depuis quelques années seulement, des constructeurs de la région du Dauphiné semblent reprendre l'initiative d'un nouvel essor de cette industrie. En Amérique, après une période brillante, caractérisée par des inventions nombreuses et originales, l'industrie des turbines est restée stationnaire et il en est résulté que plusieurs grandes installations hydrauliques, celle du Niagara, par exemple, ont été exécutées en Amérique par des constructeurs européens. D'après Thurso (*Engineering News*, 4 décembre 1902) ce ralentissement du progrès des turbines

américaines serait dû à deux causes : l'indifférence des industriels acquéreurs de turbines qui ne se soucient pas du rendement et l'habitude de faire essayer les turbines à l'établissement de Holyoke où l'on n'opère que sur des chutes inférieures à 5^m,50; ces essais, qui ont grandement contribué au perfectionnement des turbines pour faibles chutes, ne sont plus d'aucune utilité lorsqu'il s'agit de chutes dix fois plus grandes et cependant encore trop faibles pour que les roues du genre Pelton puissent y être avantageusement appliquées. L'auteur présente ensuite quelques remarques sur le rendement des turbines, remarques que nous indiquons plus loin sous un titre spécial en vue de faciliter les recherches bibliographiques. Il aborde les descriptions d'installations en commençant par celles à petites chutes : usines de Chèvres, de Rheinfelden, de Hagneck, de Méchanikville, de Jossage et de Genève; 16 figures donnant des coupes de turbines accompagnent les descriptions.

Sur le rendement des turbines hydrauliques, par FLAMANT (*Revue de Mécanique*, t. XVI, p. 305-307, 30 avril). — Un fait bien connu et souvent constaté est que les essais de turbines faits en Amérique et en Europe ne sont pas comparables entre eux. Cela tient à la différence des méthodes employées pour mesurer le volume d'eau moteur. Tandis qu'en Amérique on continue pour calculer l'écoulement par déversoir, à employer la vieille formule de Francis négligeant de nombreux facteurs qui ont une influence considérable sur le résultat, on se sert en Europe de formules basées sur les recherches les plus récentes. Il en résulte des divergences assez notables dans les valeurs trouvées pour le rendement : ainsi, d'après des essais officiels faits à Holyoke, aux États-Unis au printemps, le rendement d'une turbine se trouvait être de 80,65 pour 100 à pleine admission et de 67,31 pour 100 avec une admission 0,321; d'après des essais faits en Allemagne en 1901 les rendements de cette même turbine n'étaient plus que de 71,8 et 58,0 pour 100 pour les mêmes valeurs de l'admission. Or si les rendements confirmés par une estampille officielle sont très contestables, ceux qu'annoncent certains constructeurs le sont encore plus, dans l'impossibilité où se trouve l'acquéreur de les vérifier avec quelque précision. Aussi M. Flamand appuie-t-il le vœu, formulé par M. Rebours dans un article publié par la *Houille blanche* de janvier 1904, qu'un laboratoire d'essais de turbines soit installé en France. Un tel laboratoire peut d'ailleurs se réduire à peu de chose et n'a pas besoin de se trouver au voisinage d'un grand fleuve ou d'une chute naturelle, car on peut, au moyen d'un accumulateur à piston, se procurer de l'eau à une pression quelconque, refouler ensuite cette eau après son action sur la turbine à essayer. Celle-ci serait d'ailleurs employée à actionner la pompe de refoulement et comme le rendement de chacun de ces deux organes est d'environ 0,70, le volume d'eau ainsi refoulé serait à peu près la moitié de celui utilisé pour faire mouvoir la turbine. Une seconde pompe, identique à la première et mue par un moteur électrique servirait à refouler le reste de l'eau et à maintenir constant le niveau du piston de l'accumulateur. On connaîtrait facilement le travail fourni par le moteur; d'autre part on pourrait avoir le volume d'eau refoulé par les deux pompes, soit par les pompes elles-mêmes si elles sont volumétriques, soit par des moulinets placés sur les tuyaux de refoulement; on aurait ainsi tous les éléments nécessaires au calcul du rendement. Dans de telles conditions l'essai peut être prolongé autant qu'on le veut, et, s'il est bien conduit, le volume de l'accumulateur peut se réduire à ce qui est nécessaire au débit de la turbine pendant quelques secondes, soit 10 secondes environ.

Séparateur-purgeur automatique de vapeur (*Revue industrielle*, t. XXXVI, p. 115, 25 mars 1903). — Cet appareil, construit par la Industrial Improvements Co de Londres,

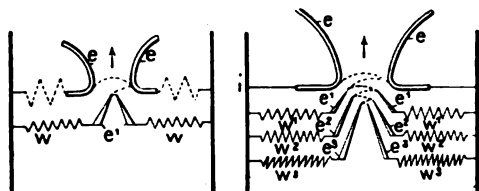
se compose d'une tête sphérique A, à l'intérieur de laquelle se trouvent, venues de fonte avec elle, des demi-cloisons disposées en chicane; d'un tube de bronze H, vissé à la partie inférieure de la tête; d'un réservoir sphérique W; de deux tiges d'acier C vissées dans les oreilles de ce réservoir et dont la partie supérieure vient appuyer contre deux leviers D; enfin, d'un tube F partant du fond du réservoir E et aboutissant à la soupape d'échappement F. Son fonctionnement



est le suivant : la vapeur humide et l'eau de condensation cheminant dans la conduite entrent en A; l'eau condensée tombe dans le réservoir W; quant à l'eau en suspension, elle se sépare de la vapeur par suite de l'augmentation de section résultant de la présence de la tête A sur la canalisation et va rejoindre l'eau de condensation; de la vapeur sèche s'échappe donc de A, de sorte que l'appareil agit comme séparateur. L'eau accumulée dans le réservoir monte peu à peu dans le tube de bronze H, le refroidit légèrement et en provoque la contraction; les tiges C reçoivent ainsi un soulèvement relatif et entraînent la soupape d'échappement. A ce moment l'eau est expulsée par le tube E et la soupape F et se trouve remplacée par de la vapeur; celle-ci relève la température du tube H qui s'allonge à nouveau et permet à la soupape de se refermer. Le cycle des opérations reprend ensuite dans les mêmes conditions. L'appareil est assez sensible pour que la soupape s'ouvre dès que le niveau de l'eau atteint le tiers de la hauteur du tube H, laquelle est de 20^{cm} ou 40^{cm} suivant le modèle de l'appareil; de plus, elle se trouve fermée avant que le réservoir W ne soit complètement vidé, de sorte que la vapeur ne peut jamais s'échapper librement.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Limiteur de tension Siemens et Halske (Brevet anglais 8826, 16 avril 1904). — Cet appareil se compose d'un parafoudre à corne ee et d'un ou plusieurs déchargeurs $e'e'$, e^2e^2 , ..., disposés en parallèle entre les conducteurs à protéger avec intercalation de résistance w^1 , w^2 , ..., en série avec les pôles des déchargeurs. Lorsqu'il y a plusieurs déchargeurs en parallèle, les intervalles d'air vont en décroissant de l'un à l'autre; dans ces conditions un seul déchargeur fonctionne quand la surtension est faible, tandis que tous et même le parafoudre à cornes peuvent fonctionner simultanément si la surtension est considérable. On remarquera que les pôles des déchargeurs sont formés par des con-



ducteurs pointus; comme la distance explosive entre pointes est, pour une même différence de potentiel, plus grande qu'entre conducteurs ronds, ce choix permet de donner aux pôles des déchargeurs un écart assez grand pour qu'ils ne soient pas mis en court-circuit par une accumulation de poussières bien que cet écart corresponde à une assez faible surtension ne mettant pas en jeu le parafoudre à cornes. Les figures montrent, en traits pointillés, comment se fait l'extinction des arcs: l'arc amorcé entre e^2 et e^2 chauffe l'intervalle d'air situé entre e^2 et e^2 , amorce entre ces pôles un nouvel arc, lequel amorce à son tour et par le même jeu un arc entre e' et e' , puis entre les cornes ee du parafoudre à cornes, qui entre alors en fonctionnement et coupe les dérivations.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : BERRY. BP. 11363 et 23150, 1904 (distribution de courant alternatif). — ENTZ. USAP. 787880, 23 avril 1904 (système de distribution). — VOLTAGE CONTROLLER COMPANY. BP. 22326 b, 1904 (transmission électrique). — WILSON. BP. 25219, 1904 (distributeur électrique).

Canalisations : **Conducteurs** : BEAVER et CLAREMONT. BP. 11156, 1904 (câble électrique). — HEANY. BP. 6319, 1904 (conducteurs électriques). — SCOTT et SCHILDORFER. BF. 350881, 20 janvier 1905 (appareil pour recouvrir les câbles, les barres et les tubes). — SIEMENS BROS et Co. BP. 15772, 1904 (conducteurs isolés). — **Conduites, supports, attaches isolants** : BARRINGER. USAP. 787820, 30 janvier 1905 (isolateur). — BERGER. DRP. 160387, 15 mai 1904 (isolateur). — CLAIR. BF. 350803, 16 janvier 1905 (cloche de protection pour lignes électriques). — COLLET. DRP. 160386, 3 janv. 1904 (mât pour conducteur électrique). — ERNST. USAP. 787839, 17 nov. 1904 (support). — FLYNT et MAIDEN. BF. 349523, 24 déc. 1904 (enveloppe protectrice pour isolateurs de fils électriques); USAP. 787442, 1^{er} août 1904. — KONRAD. DRP. 160728, 23 août 1903 (isolateur à haute tension). — MICHEL. BF. 349428, 22 déc. 1904 (fabrication de pièces moulées en matière isolante). — MULLER. BF. 349781, 31 déc. 1904 (procédé de fabrication d'une matière isolante). — RICHARDSON. BP. 9517, 1904 (isolateur). — RILLIER et KARRER. DRP. 160385, 28 juillet 1903 (isolateur). — STEINBERG. USAP. 787802, 4 mai 1903 (conduite). — WILKINSON. BP. 26220, 1904 (conduite pour câbles).

Prises de courant : BISCHOFF et HENFEL. DRP. 160715, 3 juillet 1904 (anneau de prise de courant). — MASCHINEN-

FABRIK ESSLINGEN. DRP. 160970, 16 août 1904 (prise de courant). — **Bornes et boîtes de jonction** : BOSSERT. USAP. 788880, 26 avril 1904 (boîte de jonction). — COOK. USAP. 788130, 28 déc. 1903 (boîte de jonction).

Interrupteurs : MURPHY. USAP. 787990, 14 sept. 1903. — SOCIÉTÉ D'APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE ET INDUSTRIELLE. BF. 350876, 19 janvier 1905 (interrupteur électrique facilement démontable). — VOIGT et HÖFFNER. DRP. 166882, 23 oct. 1904 (interrupteur automatique).

Résistances et Rhéostats : DAVY. BP. 12267, 1904. — VALKENBURG (VAN). USAP. 788686, 6 août 1904.

Commuteurs : ALLGEMEINE ELEKTRICITAETS GESELLSCHAFT. BP. 11073, 1904. — ATKINSON. BP. 6560, 1904. — BENASSY. BP. 27003, 1904. — CHISCHOLM. BP. 7748, 1904. — DIARMID. (MAC). USAP. 788411, 23 janv. 1904. — DREFFS. DRP. 160916, 23 fév. 1904. — COMPAGNIE GÉNÉRALE ÉLECTRIQUE. BP. 10242, 1904. — ELECTRIC AND ORDNANCE ACCESSORIES COMPANY. BP. 13107, 1904. — HARTMAN. BP. 20846, 1904. — HEINRICH. DRP. 160644, 9 mars 1904. — KINGSLAND. DRP. 160917, 10 nov. 1904. — MILIWOJEWIC. DRP. 160989, 29 déc. 1903. — MILLIS. BP. 25898, 1904. — SIEMENS BROS et Co. BP. 26282, 1904. — THOMSON-HOUSTON COMPANY. BP. 10460 et 11090, 1904. — ANDERSON. USAP. 785397, 29 août 1902. — ASKEW. USAP. 784022, 11 mai 1904. — BERGMANN ELECTRICITAETS-WERKE. DRP. 159751, 14 juillet 1904 (commutateur tournant). — BONTHORNE. BP. 5634, 1904. — BUSHMAN. USAP. 787147, 20 fév. 1903 (verrou pour commutateur). — CLARK (PERCY-L.). USAP. 783612, 23 juin 1904. — CLARK (ROBERT-C.). USAP. 785403, 16 avril 1904. — DOUGLAS. USAP. 783997, 30 nov. 1903. — GENERAL ELECTRIC Co. BP. 10456, 1904. — GRABOSCH. USAP. 784393, 30 juin 1904. — GRAY (DAVID-E.). USAP. 785419, 6 juin 1904. — GRAY (FREDERIK-H.). USAP. 784001, 12 mars 1904. — HARRISON. BP. 28369, 1904. — HAUSER. DRP. 160010, 10 mai 1904. — HAYWOOD. BP. 8922, 1904. — HEWLETT. USAP. 785949, 11 juillet 1903. — KINGSLAND. BF. 349277, 17 nov. 1904. — LA HAR. USAP. 784006, 24 mai 1904. — LAWTON. BP. 11777, 1904. — POWELL. USAP. 783977, 783978, 783980 et 783981, 28 et 30 nov. 1903, 24 oct. 1904. — SCOTT. BP. 23001, 1904. — SMILEY. USAP. 14 déc. 1904. — STEWART. USAP. 785985, 15 juillet 1903. — THOMAS. USAP. 783911, 13 juin 1904. — TREGONING. USAP. 783652, 24 mai 1904. — WRIGHT et NICHOLLS. BP. 3885, 1904.

Régulateurs et appareils de contrôle : CONO. USAP. 788518, 19 sept. 1903 (commutateur et appareil de contrôle pour transmission d'énergie). — PORTER et CURRIER. USAP. 788278, 7 oct. 1904 (régulateur de tension). — RICHARDS. BF. 349559, 27 déc. 1904 (régulateur de courants alternatifs). — PUGH. USAP. 788329, 20 août 1904 (appareil de contrôle à air comprimé). — SEDGWICK. DRP. 160323, 4 nov. 1903 (régulateur de tension). — SOCIÉTÉ ANONYME D'ÉTUDES ÉLECTROCHIMIQUES. BF. 13952, 1904 (régulateur automatique). — SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES. BF. 349762, 30 déc. 1904 (indicateur d'état de tension d'une ligne électrique).

Régulateurs et appareils de contrôle : BALDWIN. USAP. 783715, 29 sept. 1904. — ERBEN. USAP. 787284, 30 août 1901 (régulateur de vitesse). — FLEMING. USAP. 783513 et 783514, 26 sept. 1903 et 25 avril 1904 (régulateur de tension). — HANEY. USAP. 785487, 3 sept. 1904 (régulateur pour courant alternatif). — HOPKINS. DRP. 160106, 17 janvier 1904 (régulateur). — HOPKINS et OSIUS. DRP. 159810, 20 mars 1904 (régulateur de tension). — LAHMEYER et Co. DRP. 159627, 21 avril 1903 (charge et décharge des batteries-tamppons avec adjonction de survolteurs pour régler la tension). — MOODY. USAP. 785970, 26 juillet 1902 (régulateur). — RICHARDS. BF. 349559, 27 déc. 1904 (régulateur de courants alternatifs).

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

Moteur monophasé à collecteur A.-S. Mc. Allister (Brevets américains 770091 et 770092, déposés les 15 février et 23 mars 1904, enregistrés le 17 septembre 1904). — Ce moteur est désigné par l'inventeur sous le nom de *machine d'induction-série*. Les enroulements d'excitation sont semblables à ceux d'un moteur d'induction diphasé, mais les nombres de spires sont différents dans les deux phases. Deux balais, situés sur l'axe de la plus forte des bobines excitatrices, appuient sur le collecteur. Quand le rotor est fixe, son enroulement peut être considéré comme le primaire d'un transformateur statique, dont le secondaire est formé par la bobine d'excitation dont l'axe est dans le prolongement de la ligne des balais. Le second enroulement inducteur, relié directement au premier, constitue un circuit extérieur à forte impédance pour le secondaire du transformateur. Le courant secondaire (stator) est donc en opposition de phase avec celui du primaire (rotor) et produit un flux dont la direction dans l'espace est normale à celle de la ligne des balais. Le courant du rotor et le champ magnétique qui lui est normal changeant de signe simultanément, le couple auquel ils donnent lieu reste de même sens, la machine fonctionne donc comme un moteur à courant continu. Pendant la marche, une force contre-électromotrice en phase avec le champ magnétique normal à la ligne des balais, donc en opposition de phase avec le courant rotorique, prend naissance entre les balais, de sorte que, quand la vitesse s'accroît, la phase du courant rotorique s'approche de plus en plus de celle de la force électromotrice et le facteur de puissance augmente. — Le second brevet se rapporte à certaines modifications de la construction qu'on vient de décrire. En employant un second jeu de balais placés sur une ligne normale à celle des premiers, et en reliant les premiers balais à la bobine excitatrice, on peut se passer de la seconde bobine disposée normalement et la remplacer par l'enroulement du rotor lui-même. On améliore ainsi le facteur de puissance. Une nouvelle modification conduit à obtenir un moteur-série diphasé, qui se compose d'un stator diphasé et d'un rotor construit comme une armature à courant continu, avec deux jeux de balais. On forme ainsi en quelque sorte deux moteurs où les courants n'ont pas besoin d'être décalés d'un quart de période, mais peuvent être en phase l'un avec l'autre, de sorte qu'on peut alimenter la machine par un courant monophasé. P. L.

Sur l'alimentation des grues électriques de grande puissance, par E.-K. SCOTT (*Electrical Review*, Londres, t. LVI, p. 518, 31 mars). — C'est une idée assez répandue que l'eau sous pression est préférable à l'électricité pour la manœuvre des grues destinées à soulever des charges très lourdes telles que des canons, des wagons remplis de charbon, etc. La consommation de puissance motrice est en effet très variable et il semble que l'emploi de l'électricité conduise à la nécessité d'avoir de puissantes génératrices à fort mauvais rendement moyen, ces génératrices ne fonctionnant que rarement à pleine charge. — En réalité le problème à résoudre est analogue à celui qui consiste à alimenter économiquement une ligne de traction électrique à trains lourds mais très espacés et l'on sait qu'il peut être résolu en prenant une génératrice de puissance à peu près égale à la puissance moyenne débitée et à lui adjoindre une batterie-tampon avec un survolteur-dévolteur. — L'auteur a eu l'occasion d'appliquer cette solution à un réseau desservant diverses grues de grande puissance. La dynamo génératrice donne normalement 100 ampères sous 315 volts et elle suffit largement bien que parfois les grues absorbent 350 ampères; la différence est fournie par une batterie-tampon en série avec un survolteur-dévolteur pouvant produire une variation de tension de 20 volts en plus ou en moins.

BREVETS RÉCENTS.

Moteurs : BROWN-BOVERI et C^{ie}. BF. 350571, 6 janvier 1905 (moteur électrique pour courant monophasé). — TIRRELL. USAP. 787482, 5 août 1904 (moteur avec commande par engrenages). — VETCHEN (VAN). USAP. 788566, 17 septembre 1903 (moteur électrique et transmetteur d'énergie). — **Démarrage, régulation et freinage** : BRITSCH. USAP. 787722, 31 août 1903 (contrôleur et régulateur pour moteurs). — BRYAN. USAP. 788819, 14 mars 1904 (démarrateur et frein pour moteur électrique). — DADGE et LORD. BP. 9711, 1904 (démarrateur). — HULTOVIST. BF. 350541, 5 janvier 1905 (dispositif combiné de démarrage et de freinage pour moteurs électriques).

Electro-aimants : FAVARGER. USAP. 788762, 25 novembre 1902 (électro-aimant pour courants alternatifs). — LINDBLUST. BF. 349693, 20 décembre 1904 (électro-aimant pour courant alternatif). — PIERRE. BF. 350566, 6 janvier 1905 (aimants pour courants alternatifs).

Machines et appareils : CHEATHAM. USAP. 787827, 9 août 1904 (dispositif de contrôle des aiguillages). — BRÉGUET. BF. 350641, 9 janvier 1905 (système de transmission électromécanique asynchrone). — CENTNER. USAP. 788450, 23 février 1904 (machine-outil électrique à mouvement alternatif). — COLLINS. USAP. 788704, 23 février 1904 (horloge électrique). — EASTWOOD. BP. 26095 et 26096, 1904 (contrôleur). — FAIRFAX. BP. 8316, 1904 (machine-outil électrique). — GEIPEL, LANGE et MASCORD. BP. 5213 et 5214, 1904 (contrôleur). — GILES et RAMSEY. USAP. 787372, 30 septembre 1904 (avertisseur contre le vol et l'incendie). — HARTLEY. USAP. 788152, 1^{er} juillet 1904 (avertisseur et extincteur d'incendie). — KENDALL. USAP. 785891, 17 octobre 1904 (block-système). — KLOPF. USAP. 788539, 4 février 1903 (contrôleur pour appareils de levage). — KRANTZ. USAP. 788916, 6 décembre 1904 (aiguillage électrique). — MACAULAY. BP. 21642, 1904 (aiguillage électrique). — PALMER. USAP. 785326, 4 avril 1904 (avertisseur thermostatique). — PIDGEON. USAP. 788792, 29 juillet 1904 (distribution de l'heure). — VERITYS LIMITED et WALKER. BP. 12467, 1904 (ventilateur électrique). — WAGNER. USAP. 787707, 7 décembre 1904 (machine-outil). — WATT et FIDES. USAP. 788199, 23 janvier 1905 (avertisseur d'incendie). — WELLS. BP. 12840, 1904 (indicateur).

Signaux : ALLOWAY. USAP. 788872, 21 mars 1904 (allumage automatique des lampes de signaux). — BILDSON. USAP. 788624, 16 février 1904 (signal pour chemins de fer). — BOWER. USAP. 788513, 3 mai 1903 (signal pour chemins de fer). — COPELAND. USAP. 788536, 14 mars 1903 (signal électro-pneumatique pour chemins de fer). — DEUBEN. USAP. 786428 et 786429, 18 mai et 2 octobre 1903 (signaux). — DELANY. USAP. 786016, 11 mai 1904 (signal électrique et mécanique pour appareils de levage). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 11077, 1904 (signaux). — GORDON. USAP. 786209, 5 mai 1904. — GRUN. 787753, 15 décembre 1904. — HARDS. BP. 11116, 1904. — JOHNSTON. USAP. 789030, 30 mars 1904. — LEMIRE. USAP. 786368, 3 octobre 1904. — PATENALL et DRYDEN. USAP. 787393, 23 janvier 1905. — PISKARD. USAP. 786148, 28 janvier 1905. — ROOME. USAP. 786316, 19 décembre 1904. — SCHIEBLE. USAP. 786604, 16 mai 1904. — SPANG. USAP. 788959, 21 août 1902. — STUCKEY. USAP. 788440, 13 décembre 1904 (signal pour block-système). — SULLIVAN. BP. 6811, 1904; USAP. 787595, 5 août 1904 (signal pour chemins de fer). — TATUM. USAP. 788562, 19 octobre 1903. — VREELAND. USAP. 786696, 14 novembre 1904 (relais pour signal). — WALDO. USAP. 788385, 19 octobre 1903. — WALLE. USAP. 787318, 29 décembre 1903. — WILSON. USAP. 787967, 3 février 1905. — WILLIAMS. USAP. 787419, 1^{er} octobre 1904. — ZALINSKI. USAP. 788747, 6 octobre 1904.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Transmission précise de l'heure par le téléphone, par E. GUYOT (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1429, 29 mai). — A la demande de la Chambre syndicale de l'horlogerie de Paris, l'Observatoire du Bureau des longitudes s'est occupé de rechercher un procédé permettant d'utiliser, pour la transmission précise de l'heure, les facilités de communication que présente aujourd'hui le réseau téléphonique. Le procédé adopté consiste dans l'emploi d'un microphone de construction spéciale placé dans la boîte d'une des horloges de l'Observatoire et que l'on insère dans le circuit téléphonique de l'abonné qui désire avoir l'heure précise; l'expéditeur se borne à numéroter à haute voix deux ou trois battements et le destinataire continue à compter à l'oreille. Ce procédé a l'avantage de ne faire intervenir aucun contact électrique actionné par le pendule de l'horloge, et, par suite, de n'apporter aucune cause de perturbation dans le fonctionnement de celle-ci. Il a été utilisé non seulement par des abonnés du réseau téléphonique parisien, mais encore par des officiers de marine de Brest et de Lorient pour le réglage des chronomètres de bord. Il paraît donc appelé à rendre de très grands services aux horlogers et aux établissements scientifiques qui ont besoin de connaître l'heure avec précision; en particulier, les ports de guerre et de commerce pourraient se dispenser d'établir des observatoires astronomiques pour régler les chronomètres des navires en partance: il leur suffirait de posséder une pendule ou même un chronomètre et de régler de temps à autre cet instrument par le téléphone. La détermination des différences de longitudes se trouvera également facilitée par cette nouvelle application du téléphone, les observateurs des deux stations pouvant, en effet, grâce à la transmission directe des battements, noter les heures de leurs observations à une seule et même horloge.

Dispositif pour accroître l'énergie radiée par les transmetteurs de télégraphie sans fil, par F. BRAUN et R.-H. RENDAHL (Brevets américains 790250 et 790179, déposés les 22 avril et 4 novembre 1904, publiés le 16 mai 1905). — Pour augmenter l'énergie mise en jeu dans un oscillateur par un même courant, il suffit d'augmenter la différence de potentiel aux bornes de cet oscillateur en augmentant la distance explosive. Mais on sait que la différence de potentiel croît beaucoup moins vite que la distance explosive dès que celle-ci atteint quelques millimètres. Pour éviter cet inconvénient MM. Braun et Rendahl préconisent (dans le brevet 790250) la division de la distance explosive totale en plusieurs intervalles d'air de quelques millimètres. M. Braun propose en outre (dans le brevet 790179, qui est en son nom seul) de répartir la capacité totale du circuit oscillant entre les différents conducteurs situés entre les divers intervalles d'air, cette disposition ayant suivant l'auteur l'avantage de diminuer considérablement l'amortissement des décharges oscillantes.

BREVETS RÉCENTS.

Télégraphie: BROWN. BP. 10073, 1904. — DUCRETET. USAP. 787905, 10 avril 1901 (relais). — HULSMAYER. BP. 25608, 1904 (ondes hertziennes). — LODGE et HARDIE. BP. 27265, 1903 (télégraphe). — RIBBE. BF. 350817, 17 janv. 1905 (télégraphie rapide). — STOCK. DRP. 160881, 9 juin 1904. — STONE. BP. 25639, 1904. — UNDERHILL. BF. 349672, 2 août 1904 (perfectionnements apportés aux appareils télégraphiques). — TRAFFORD. USAP. 788800, 15 mars 1897 (télégraphie et appareil télégraphique). — *Télégraphie sans fil*: ARROM. DRP. 160711, 160712 et 160713, 15 nov. 1903, 27 et 29 fév. 1904 (transmetteur pour télégraphie sans fil). — EHRET. USAP. 789087 et 789124, 3 déc. 1901 (transmission

des ondes électriques). — GESELLSCHAFT FÜR DRAHTLOSE TELEGRAPHIE. DRP. 160987, 26 déc. 1901 (télégraphie sans fil); 160990, 18 avril 1901 (production d'ondes rapides). — GREENE, ARMITAGE et WHITTEMORE. DRP. 160321, 2 juil. 1903 (récepteur pour télégraphie sans fil). — KING. USAP. 788477, 23 juin 1903 (perfectionnement à la transmission des ondes électriques). — LIND. USAP. 786041, 17 juin 1903 (vibrateur). — MARCONI. USAP. 786132, 13 oct. 1903 (télégraphie sans fil). — MASSIE. USAP. 786578 et 787780, 18 juin et 1^{er} nov. 1904 (système de télégraphie sans fil). — MULLER. BF. 350567, 6 janv. 1905 (appareil auto-commutateur radio-télégraphique). — SHUMAKER. USAP. 787057, 29 juil. 1904 (transmetteur pour télégraphie sans fil).

Téléphonie: AMMER. BP. 6646, 1904 (téléphone). — BLETSCHACHER et STEIDLE. BF. 369625, 28 déc. 1904; DRP. 160322, 2 oct. 1903 (commutateur électromécanique pour postes téléphoniques à prépaiement). — CLAUSSEN. USAP. 787610 et 788452, 19 août 1901 et 20 août 1902 (transmetteur). — DEAN. USAP. 787900, 14 janv. 1902 (commutateur). — EGAN. USAP. 787879, 13 août 1902 (appel). — ERICKSON. USAP. 787361, 4 mai 1903 (transmetteur). — FIEDLER. DRP. 160642, 29 mai (téléphone). — FREEMAN et PEARCE. BP. 16801, 1904 (téléphone). — GEMMILL. USAP. 787507, 22 déc. 1902 (annonciateur automatique). — GRAHAM. USAP. 786754, 11 janvier 1904 (appareil téléphonique). — GILGEN. USAP. 785728, 11 juin 1904 (système téléphonique). — KAISLING. USAP. 786444, 23 nov. 1903 (transmetteur). — KRAGL. DRP. 160714, 31 mai 1904 (inverseur pour compteur de conversations téléphoniques). — KUGELMANN. DRP. 160279 et 160280, 25 avril et 25 août 1903 (commutateur). — LEAN (Mac). USAP. 787307, 9 janvier 1904 (support pour récepteur). — MASON. USAP. 787583, 27 fév. 1905 (récepteur); 787929 et 787930, 8 sept. 1904 et 4 fév. 1905 (tableau téléphonique); 788924, 10 juin 1904 (annonciateur). — MERRYWEATHER. BP. 13173, 1904 (appareil téléphonique). — NORTH. USAP. 787936, 19 juin 1903 (signal téléphonique). — OPPENHEIMER. BP. 8737, 1904 (commutateur pour téléphone). — MURDOCK. USAP. 786588, 21 juillet 1904 (récepteur). — PETICKY. BF. 349757, 19 déc. 1904 (dispositif pour établir automatiquement au bureau central la communication entre deux abonnés d'un réseau téléphonique). — QUARRIE (Mac). USAP. 785754, 27 mai 1901 (tableau). — RANDALL. BF. 349583, 19 déc. 1904 (système de téléphonie électrique). — ROBERTS. USAP. 787113, 18 janv. 1904 (appareil pour bureau téléphonique). — SCRIBNER et BERTY (Mac). USAP. 787120, 23 avril 1897 (ligne pour téléphone). — SEAMAN. USAP. 786523, 9 avril 1904 (support pour récepteur). — SIEMENS BROS et C^e. BP. 28445, 1904 (téléphone). — SIEMENS et HALSKE. DRP. 160581 et 160613, 23 sept. et 18 déc. 1903 (commutateur pour téléphone). — STOCK. DRP. 160240, 11 sept. 1904 (commutateur). — YOUNG. BP. 20329, 1904 (téléphone). — STEINBERGER. USAP. 783231, 15 août 1904 (récepteur téléphonique). — STONE. USAP. 781625, 29 juin 1904 (moyen de protéger les circuits téléphoniques contre les actions des ondes électromagnétiques). — TARDIAU. BP. 11262, 1904 (téléphone). — TELEPHON-APPARAT-FABRIK. DRP. 158864 et 158865, 13 février et 29 août 1903 (commutateur). — TELEPHON UND TELEGRAPHEN WERKE. DRP. 159095, 6 septembre 1904 (avertisseur). — THOLLANDER. USAP. 781797, 1^{er} oct. 1904 (récepteur). — WANEMAKER. USAP. 784605, 11 mai 1904 (fiche). — WARREN-DEAN. DRP. 159808, 31 mai 1904 (commutateur). — WATKINS. BP. 11274, 1904; USAP. 784088, 11 mars 1902. — WEBSTER. USAP. 782937 et 783340, 3 et 5 décembre 1903 (tableau téléphonique). — WEMAN. USAP. 781720, 4 juin 1904 (signal téléphonique). — WILLIAMS. USAP. 781385, 9 mai 1904 (attaches hygiéniques pour transmetteur). — ZWIRTSCH. DRP. 159547 et 159826, 13 août 1904 et 19 novembre 1903.

ÉCLAIRAGE.

L'éclairage électrique, progrès récents, par Pierre Weiss (Conférence faite le 6 juin 1905, à la Société française de Physique). — M. Weiss commence par rappeler les principes connus de l'émission de la lumière. Le pouvoir émissif d'un corps noir peut s'exprimer par AT^4 . A étant une constance et T la température absolue. Si l'on appelle P la puissance totale émise et λ la longueur d'onde, en traçant les courbes de variation de $\frac{dP}{d\lambda}$ en fonction de λ on obtient

les courbes bien connues partant de 0 et revenant vers 0 après avoir passé par un maximum. Il est à remarquer que chacune de ces courbes correspond à une température déterminée et que, pour un corps noir porté à des températures différentes, on peut tracer autant de courbes différentes que l'on considère de températures. Il est facile de passer d'une courbe à une autre, lorsqu'on passe d'une température T à une température T' plus élevée; il suffit de diminuer les abscisses dans le rapport des températures et d'augmenter les ordonnées dans le rapport de la cinquième puissance des températures.

La longueur d'onde des radiations visibles étant comprise entre $0,4 \times 10^{-6}$ et $0,7 \times 10^{-6}$, on augmente l'énergie lumineuse en faisant croître la température. Le rendement lumineux peut être exprimé par le rapport entre l'énergie lumineuse émise et l'énergie totale rayonnée. On sait que ce rapport est faible (il est environ 10 fois moindre avec le gaz qu'avec l'arc électrique). Parmi les radiations lumineuses, toutes n'offrent pas la même valeur au point de vue de l'éclairage; la sensibilité de l'œil est variable en effet avec les différentes radiations lumineuses. Langley, qui a tracé la courbe de variation de cette sensibilité en fonction de la longueur d'onde, depuis les rayons rouges jusqu'aux rayons violets, a trouvé qu'elle passe par un maximum pour le vert. Les résultats sont cependant variables avec les différents observateurs, les variations s'expliquant par les effets du daltonisme.

Lorsqu'on fait varier la température d'un charbon, on obtient un éclat variable suivant une certaine fonction de la température. D'après M. Guillaume, en appelant E l'éclat et T la température absolue, on peut traduire cette loi par $E = AT^3(T - 650)^2$, A étant une constante. On en déduit évidemment pour le rendement lumineux l'expression $BT^{-1}(T - 650)^2$, B étant également une constante.

Si, au lieu de prendre un corps noir, on choisit un corps ayant un pouvoir émissif moins considérable, on obtient une source lumineuse plus avantageuse. Pour le platine poli, dont le pouvoir émissif est de 8 pour 100 environ vers la température ordinaire et de 2 pour 100 à température élevée, on peut considérer qu'il rayonne comme un corps noir porté à une température 1,12 fois plus élevée. La valeur du coefficient qui entre dans l'expression du rayonnement passe, pour le platine poli, de 2,3 pour la température absolue 1700° à 2,9 pour la température absolue 2050° (point de fusion du platine).

M. Weiss signale comme très importante l'influence de l'ouverture de la pupille. On sait, en effet, que la pupille possède la propriété de se contracter ou de se dilater automatiquement selon la nature de la source lumineuse. Le diamètre de l'ouverture de la pupille varie facilement dans le rapport de 1 à 3. C'est cette influence qui explique que l'arc nu nous paraît réellement éclairer moins que l'arc dans un globe opalin, malgré l'absorption qui résulte de la présence du globe. Le diamètre de la pupille dépend de l'éclat intrinsèque des sources lumineuses.

M. Weiss passe ensuite rapidement en revue les différents modes d'éclairage électrique; il accompagne sa description d'expériences. Dans le cas de l'emploi des corps noirs comme le charbon, on sait qu'il faut élever le plus possible leur

température. C'est pour cette raison que l'arc donne le meilleur rendement (consommation 0,5 watt par bougie). Dans la lampe à incandescence, la pulvérisation cathodique du charbon dans le vide empêche de monter la température, aussi la consommation se tient-elle plus élevée (2,5 watts à 3,5 watts par bougie). Parmi les progrès réalisés, il faut mentionner le remplacement du charbon noir par un charbon graphitique brillant qui est, au point de vue du pouvoir émissif, intermédiaire entre le charbon noir et le platine poli. Mais la température reste encore trop basse.

Parmi les corps permettant d'atteindre une température plus élevée, l'osmium a été l'un des premiers essayés. Il fond en effet à 2500° C. et ne donne qu'une consommation de 1,7 watt par bougie. La durée du filament peut être considérable (certains filaments ont brûlé 6000 heures). Il a comme inconvénients la difficulté de construction du filament et sa fragilité. Pour éviter le fléchissement du filament incandescent on dispose des attaches en thorine. Nous n'insisterons pas ici sur la lampe au tantale dont parle ensuite le conférencier, des descriptions détaillées ayant déjà paru ici même (1). L'effet agréable produit sur l'œil par cette lampe doit provenir de l'action de la pupille par suite de la grande surface apparente offerte par le filament.

La lampe Nernst doit ses qualités à l'émission colorée et non à la température élevée. L'action est la même que dans les manchons Auer (thorine 98 parties, cérine 2 parties). Ici le filament est un mélange d'oxydes de zirconium, thorium et erbium en proportions convenables. La consommation est de 1 watt à 2 watts par bougie, variable pendant le fonctionnement. D'après M. Weiss des progrès sont très possibles dans cette voie.

L'introduction des sources colorées a été faite dans les lampes à arc : ce sont les arcs à flamme. Dans la lampe Bremer, notamment, on a mélangé au charbon du fluorure de calcium. Avec une telle lampe on a pu obtenir la consommation spécifique la plus faible obtenue jusqu'à ce jour (0,1 watt par bougie). Ces lampes sont plus avantageusement employées en vase clos, elles fonctionnent sous 90 volts. Les rayons jaunes sont dominants.

Le conférencier termine par quelques mots sur l'arc au mercure. Il montre à l'aide de papiers de différentes couleurs que cet arc ne donne que des rayons orangés, verts et violets. On sait que la consommation n'est que de 0,5 watt par bougie et que la température ne dépasse pas 150° C. C'est un mode d'éclairage par luminescence qui autorise les plus grandes espérances. Malheureusement, les lois de la luminescence sont encore inconnues.

L. J.

BREVETS RÉCENTS.

Divers : ALLINE. USAP. 786709, 23 mai 1904 (système d'éclairage). — BRANDT. DRP. 159750, 26 mars 1904 (éclairage électrique de secours pour théâtres). — ELROY (MAC). DRP. 159809, 24 janv. 1903 (éclairage électrique des trains par dynamo et batterie). — KNY. USAP. 788540, 3 janv. 1905 (appareil pour bains de lumière). — KOHLER et APPERSON. USAP. 788990, 24 mars 1904 (éclairage des trains). — REES. BP. 11943, 1904 (lampe pour mineur). — SCHWABE et Co. BF. 349660 et 349663, 29 déc. 1904 (éclairage électrique des appartements et tableaux). — STONE et Co. DRP. 159505, 15 oct. 1902 (commutateur pour l'éclairage électrique des trains). — THE INTERNATIONAL OXY-GENERATOR SYNDICATE LD. BF. 350365, 6 janv. 1905 (appareil pour transmettre des signaux optiques pouvant être également employé comme projecteur).

(1) *La Revue électrique*, t. III, p. 53 et 157 30, janv. et 15 mars 1905.

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

Sur le fer électrolytique, par A. SKRABAL (*Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. X, p. 749, 23 septembre 1904).

Il existe deux procédés différents d'obtention du fer électrolytique. Le premier procédé est caractérisé par l'emploi de sel ferreux comme électrolyte, de fer comme cathode, d'une faible tension et d'une faible densité de courant. L'auteur désigne par fer A le métal ainsi obtenu. Le deuxième procédé a comme caractéristiques les suivantes : platine comme anode, tension élevée, grande densité de courant et électrolyte renfermant le fer à l'état bivalent sous une forme complexe quelconque. Le fer ainsi produit est appelé ici fer B. Le fer A est de couleur blanc d'argent, compact et extrêmement dur. Le fer B est de couleur plus grise, moins compact et moins dur que le précédent.

Comme les conditions de ces deux procédés extrêmes peuvent être combinées, il existe entre ces deux fers types des fers intermédiaires dont les propriétés se rapprochent plus ou moins de ces deux types.

Dans la préparation du fer A, les différents auteurs emploient comme électrolyte une solution de chlorure ferreux, sulfate ferreux ou sulfate double de fer et d'ammonium avec addition éventuelle de MgSO_4 , MgCl_2 , $(\text{AzH}_4)_2\text{SO}_4$ ou AzH_4Cl comme sels conducteurs, l'anode étant en fer. Les différences essentielles entre les divers procédés résident dans la densité du courant, la température de l'électrolyte et l'agitation de celui-ci ou des électrodes.

L'auteur décrit comme suit le procédé qu'il emploie : on commence par préparer le sulfate double de fer et d'ammonium pur par précipitation répétée du sulfate de fer basique d'une solution d'alun de fer et d'ammonium, par réduction électrolytique du sel ferrique et cristallisation ou précipitation par l'alcool après addition de sulfate d'ammonium pur. On dissout le sulfate double de fer-ammonium ainsi obtenu dans une solution d'oxalate d'ammonium, et l'on précipite d'abord le fer, d'après la méthode connue de Classen, sur une forte cathode en platine de $5^{\text{cm}} \times 2^{\text{cm}}, 5$ en regard d'un fil de platine employé comme anode. L'électrode en platine recouvert de fer électrolytique sert alors d'anode dans la cuve d'essai qui est remplie d'une solution de sulfate double de fer-ammonium pur; on emploie comme cathodes deux plaques de platine de dimensions $2^{\text{cm}}, 5 \times 1^{\text{cm}}$ qui ont été préalablement recuites et humectées d'alcool. On envoie le courant d'un accumulateur (90 amp.-heures) en introduisant une résistance réglable (20 ohms) dans le circuit. Entre le bord supérieur des électrodes et la surface de l'électrolyte existe un intervalle de $0^{\text{cm}}, 5$. L'écartement entre les deux cathodes et l'anode atteint 1^{cm} .

Le vase couvert dans lequel se trouve l'électrolyte doit être très haut afin de permettre aux boues qui se forment à l'anode de tomber au fond du vase et de ne pas souiller le liquide. Après l'électrolyse, les cathodes sont lavées à l'eau, l'alcool absolu et l'éther, portées quelques secondes à l'étuve et conservées dans l'excitateur. En remplaçant de temps en temps l'anode, on peut ainsi obtenir des plaques d'épaisseur déterminée en fer A ⁽¹⁾.

Ce qui caractérise le fer A c'est son haut degré de dureté qui lui a valu le nom d'acier quoiqu'il soit tout à fait différent comme composition de l'acier technique. Sur ce degré de dureté il n'a pas encore été fait d'essais méthodiques; mais on constate que ce fer raye le verre. D'après Lenz sa dureté serait comprise entre celle de l'apatite et celle du feldspath. D'après Roberts Austen, il pourrait atteindre la dureté du diamant. Si l'on cherche à recourber le fer A, il se brise comme du verre. Mais si on le recuit, il se laisse recourber, comme le plomb, dans les deux sens sans se rompre. Comme le fer ordinaire est d'autant plus mou qu'il renferme moins d'éléments étrangers, on peut supposer que la grande dureté du fer A provient d'impuretés. D'après Kraemer, ce fer renfermerait de l'azote sous forme d'azoture. Meidinger pense qu'il renferme de l'ammonium. Cependant on croit aujourd'hui que c'est à sa teneur en hydrogène que le fer A tient ses qualités de dureté. Si on élimine l'hydrogène en recuisant, on se rapproche des qualités du fer doux ordinaire. La teneur différente en hydrogène ne suffit pas à expliquer les différences entre le fer ordinaire et le fer électrolytique recuit. Les deux états allotropiques du fer les expliquent. Le fer A représente une solution solide d'hydrogène dans le fer γ et le fer électrolytique recuit le fer α stable dans les conditions ordinaires. D'après la loi d'Ostwald, par la séparation électrolytique il doit se for-

(1) Le fer électrolytique ainsi préparé est de belle couleur blanc d'argent, très brillant et paraît de structure cristalline. Cependant certains produits ne laissent pas apparaître de cristaux avec un grossissement de 35 alors que sur d'autres on peut distinguer les cristaux à la loupe.

Les conditions d'obtention de la forme cristalline ne sont pas encore déterminées.

L'électrode de platine recouverte de fer A et trempée dans une solution chaude d'acide sulfurique étendu ne laisse dissoudre le fer que très lentement avec dégagement de quelques grosses bulles gazeuses sur le platine. Neuburger a obtenu un fer électrolytique qui ne se rouillait pas. Dans ses recherches, l'auteur n'a pas observé cette propriété et le fer qu'il a obtenu se rouillait à l'air humide, quoique moins facilement que le fer ordinaire. Par contre ce fer était très résistant aux influences chimiques; c'est ainsi qu'un échantillon n'était pas du tout attaqué par $\text{I}^2 + \text{H}^2\text{O}$. Hanamann a préparé un fer A qui au début se dissolvait dans l'acide sulfurique, mais qui ensuite devenait passif et ne s'attaquait plus par aucun acide.

mer d'abord le produit le moins stable, c'est-à-dire le fer γ . Comme à la température ordinaire la vitesse de la réaction possible $\text{Fe } \gamma \rightarrow \text{Fe } \alpha$ est extrêmement petite, le fer γ instable se comporte comme une forme durable. Par l'échauffement, la vitesse de la réaction doit devenir plus grande et le fer électrolytique doit se transformer dans la forme stable aux conditions de l'essai. Les températures de transformation du fer α en fer β et de celui-ci en fer γ sont très élevées et la réaction se fait très rapidement vers ces points de transformation. La présence du carbone abaisse la température de transformation et le fer renfermant du carbone peut se tremper. Cette qualité manque au fer électrolytique qui, échauffé et par conséquent transformé en fer α , ne reprend dans aucune condition la forme primitive. De même que le fer γ dissout plus facilement le carbone que le fer α , il possède également un pouvoir de dissolution plus grand pour l'hydrogène. C'est à cette circonstance qu'il faut attribuer la haute teneur en hydrogène du fer électrolytique.

Les suppositions précédentes s'accordent avec les expériences suivantes faites par l'auteur. Il a conservé un échantillon de fer A pendant plus de deux ans.

Après ce temps, on pouvait supposer que l'hydrogène s'était dégagé pour la plus grande partie. En fait, on ne constatait aucun dégagement gazeux dans l'eau à 70° C. En essayant de courber ce fer, on trouvait qu'il était toujours cassant comme du verre. Faisant ensuite deux morceaux de cet échantillon, on les soumettait 24 heures à l'action de l'hydrogène en les chargeant comme cathodes dans l'acide sulfurique étendu. Une des plaques dont l'épaisseur était 0^{mm},1, avait été préalablement recuite. Après ce traitement de 24 heures, la plaque recuite se laissait encore recourber aussi facilement que le plomb. En portant ensuite dans l'eau à 70° C. les deux échantillons, on remarquait un grand dégagement d'hydrogène sur le fer cassant et un très faible sur l'autre.

Si l'on considère le fer A comme une solution d'hydrogène dans le fer γ , on doit faire la même supposition pour le fer B qui renferme encore plus d'hydrogène que le premier, quoique sa dureté soit moindre. Ce phénomène doit s'expliquer probablement par la nature non cristalline du fer B ainsi que par une séparation moins compacte due à la haute densité de courant employée. L'extrême division du fer B explique sa facilité d'oxydation. Celle-ci se produit par toutes les solutions oxydantes ou par toutes les combinaisons hydratées. Ce fer est assez analogue au fer pyrophorique obtenu par réduction à basse température et par l'hydrogène de l'oxyde de fer finement divisé. Tous les deux décomposent

l'eau. L'auteur a trouvé que le fer B renferme de l'oxygène à l'état d'oxyde, ce qui explique la facile solubilité de ce fer dans les acides. Si on plonge en effet ce fer dans l'acide sulfurique étendu et chaud, il s'y dissout rapidement en dégageant de nombreuses petites bulles d'hydrogène. Porté 4 heures dans l'eau à la température de l'ébullition, le fer B donne lieu à la production dans le liquide d'une rouille très fine, rouge et fluorescente pendant que le fer se recouvre d'une couche d'oxyde. Dans les mêmes conditions, le fer A ne s'oxyde pas.

Dans le procédé d'obtention précédemment décrit, si on employait le fer A comme anode, il ne se formerait pour ainsi dire pas de boue à l'anode. Au contraire, par l'emploi du fer B, il se sépare bientôt à l'anode une boue composée de deux parties : l'une lourde consiste en un précipité noir renfermant des particules de fer détachées, l'autre est plus légère, floconneuse et de couleur vert foncé.

L. JUMAU.

Nouveau procédé de préparation du fer électrolytique, par SERGUII MAXIMOWITSCH (*Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. XI, p. 52, 20 janvier 1905). — Le fer électrolytique qu'on obtient ordinairement est excessivement cassant et se rompt dès qu'on essaie de le courber. Comme cette propriété est due à l'occlusion de l'hydrogène, l'auteur utilise un électrolyte renfermant aussi peu d'ions-hydrogène que possible. Il opère de la façon suivante : un vase d'accumulateur d'une contenance de 26^l est rempli d'une solution renfermant 20 pour 100 de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ et 5 pour 100 de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Dans ce liquide plongent les deux électrodes de dimensions 20^{cm} $\times$ 15^{cm}. Comme anode on utilise une plaque de fer forgé et comme cathode une plaque de cuivre légèrement argenté et iodé pour faciliter le détachement de la couche de fer déposé. Après addition de 25^g de bicarbonate de soude, il se forme à la surface une écume jaune sale qui se transforme au bout de 3 jours en une pellicule brillante brune. La solution, trouble au début, s'éclaircit pendant qu'il se sépare un dépôt volumineux. Deux fois par semaine on rajoute 20^g à 25^g de bicarbonate de soude. La quantité totale de bicarbonate de soude consommé en 4 semaines atteint 186^g, ce qui suffit pour précipiter à l'état de carbonate 300^g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, c'est-à-dire le quart de la quantité totale de sel de fer employé. Sous la pellicule d'hydrate ferrique, la solution, protégée contre l'action de l'oxygène de l'air, reste claire; elle se trouble cependant rapidement et se décompose quand on la fait bouillir. Un essai a montré que la quantité de bicarbonate de fer dissous atteint 0,23 pour 100. Le dépôt de même que la pellicule superficielle empêchent la décomposition ultérieure du bain et ne doivent pas être enlevés.

Le courant est envoyé aussitôt après la première addition de bicarbonate de soude; la densité de courant varie de 0,2 à 0,3 ampère. Le premier dépôt est gris clair et n'a pas tendance à s'effeuiller, cependant il est cassant et friable. Le fer déposé ensuite devient plus solide et plus flexible et après 4 semaines le bain atteint ses meilleures qualités.

Le fer obtenu à partir de ce moment possède une résistance à la traction de 5180^{kg} par centimètre carré et il est tellement flexible qu'on peut le recourber à angle vif sans le casser. Sa surface est d'une belle couleur gris soyeux et sans les cavités dues aux bulles gazeuses. La meilleure densité de courant à employer est de 0,3 ampère et la densité maximum, 0,6 ampère.

Le rendement en quantité est très élevé; il atteint 0,97 à 0,99, ce qui montre la teneur très faible du fer électrolytique en hydrogène. Avec les bains ordinaires qui donnent un fer cassant, riche en hydrogène, ce rendement n'est que de 0,70 à 0,80.

Les qualités du bain remfermant les combinaisons carbonatées doivent s'expliquer par ce fait que les ions CO^2 se combinent aux ions H sous formation de H^2O et de CO^2 . La concentration des ions-hydrogène est alors tellement réduite que les ions Fe se séparent presque seuls. En réalité les réactions sont plus complexes, car malgré la haute teneur en bicarbonate de fer, un bain ne donne pas immédiatement un fer flexible. Il est nécessaire de faire d'abord passer un courant d'intensité modérée pendant un temps assez long. C'est un phénomène qu'on a déjà constaté avec les bains de nickelage. Mais il est indépendant des propriétés du bain de carbonate et sans celui-ci il est impossible d'obtenir un fer utilisable.

Au bout d'un certain temps de fonctionnement, les bains de carbonate perdent leur qualités et donnent alors un fer cassant et rempli de nombreuses cavités. Il suffit alors d'envoyer un courant d'acide carbonique pour les régénérer.

L. J.

Fabrication du ferro-chrome, de l'acier et de la fonte par le procédé Froges-Héroult (Communication faite par M. CH. COMBES à la séance du 9 décembre 1904 de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale, *Revue de Métallurgie*, p. 1-24, 31 janvier 1905). — Dans cette Communication l'auteur, après avoir rappelé l'importance pratique du four Héroult pour la fabrication de l'aluminium, décrit, en suivant l'ordre historique, les recherches faites par M. Héroult à l'usine de La Praz de la Société de Froges pour l'application de ce four à la sidérurgie.

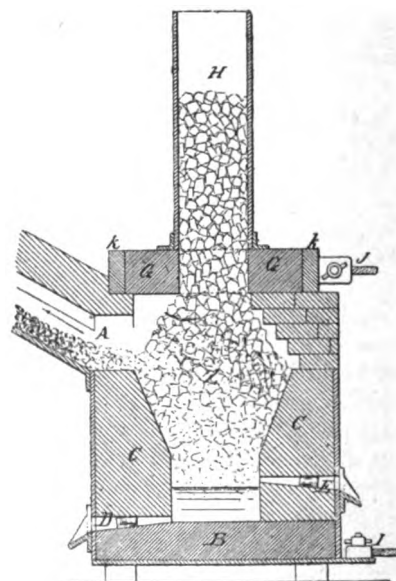
I. Fabrication des ferro-chromes. — Cette fabrication, ainsi, d'ailleurs, que celle des ferro-siliciums et des ferrotungstènes, fut entreprise en 1899 sur les indications de M. Combes; elle eut un tel succès que la production du ferro-chrome au cubilot peut être considérée comme abandonnée et que cet alliage, qui valait au début 1800^{fr} la tonne sur la base de 60 pour 100 de chrome, est tombée jusqu'à 700^{fr} à 800^{fr}.

Ce succès est principalement dû à ce que le ferro-chrome préparé au cubilot contient toujours de 8 à 9 pour 100 de carbone, proportion gênante pour les applications sidérurgiques, tandis que le ferro-chrome préparé à La Praz n'en contient que 2 à 6 pour 100. Pour obtenir ce résultat, M. Héroult remplace le revêtement de charbon qui garnit intérieurement le four à aluminium par un revêtement en matériaux réfractaires ordinaires ou mieux en chromite; en outre, il remplace l'électrode unique du four à aluminium par deux électrodes plongeant dans le laitier qui surmonte le bain métallique, mais non dans ce bain, de telle sorte qu'il s'établisse deux arcs respectivement entre le bain et les électrodes. Dans ces conditions le bain métallique est soustrait à l'action carburante des électrodes et, en dosant convenablement le charbon ajouté au minerai pour en effectuer la réduction, on peut abaisser considérablement la teneur en carbone du produit fabriqué; on peut même, en ajoutant au laitier un excès de chromite, produire un véritable affinage de l'alliage et diminuer la teneur à moins de 1 pour 100. — Ce ferro-chrome doux a un aspect très différent du ferro-chrome dur à 9 ou 10 pour 100 de carbone; il est blanc et compact, est peu cassant et présente des facettes cristallines d'autant plus développées que l'alliage est moins carburé. Les cristaux de l'alliage couramment fabriqué à La Praz ont des faces très planes et des arêtes bien rectilignes ayant jusqu'à 1^{cm} de longueur; cette particularité fit penser que l'on avait une combinaison bien définie, mais l'examen micro-

scopique permit de constater que ces cristaux sont formés par l'emboîtement d'enveloppes de deux natures différentes: les unes sont constituées par un ferro-chrome ne renfermant pas de carbone en quantité notable et soluble dans l'acide chlorhydrique étendu, les autres par un ferro-chrome à 5,4 pour 100 de carbone soluble dans l'acide chlorhydrique concentré, mais non dans l'acide étendu.

II. Fabrication de la fonte. — Lorsqu'en mars 1900 M. Combes eut connaissance de la possibilité d'obtenir au four électrique des composés peu carburés, il pensa qu'il serait également possible de fabriquer directement avec cet appareil du fer ou de l'acier fondu. Les premiers essais ayant montré que la solution pratique de ce problème présentait de grandes difficultés, des recherches furent faites pour la fabrication économique de la fonte. — Cette fabrication au four Héroult à une ou deux électrodes est en elle-même très simple. Le four est amorcé comme d'habitude en jetant au fond un peu de métal ou de minerai mélangé de charbon; on alimente ensuite petit à petit avec le mélange. Les proportions de charbon et de minerai ne peuvent être calculées à l'avance, mais doivent être déterminées expérimentalement pour chaque sorte de minerai, car elles dépendent de la plus ou moins bonne utilisation des gaz réducteurs qui traversent la couche d'oxyde. — Si cette utilisation était complète, c'est-à-dire si l'on n'avait à la sortie que du gaz carbonique, non seulement la quantité de charbon employé dans la réduction serait moindre, mais encore elle donnerait lieu à un dégagement de chaleur plus grand, diminuant d'autant le nombre de calories à fournir sous forme d'énergie électrique. Au point de vue économique il faut donc réaliser une combustion complète du charbon. Pour cela M. Héroult imagina un four à récupération où l'oxyde de carbone qui s'échappe du four proprement dit est, par injection d'air, utilisé à fondre le minerai non mélangé de charbon qui doit être ensuite traité dans le four. La figure 1 représente un four de

Fig. 1.



ce genre: le minerai fondu, non mélangé de charbon, arrive par le conduit A, lequel sert aussi au départ de l'oxyde de carbone; le coke nécessaire à la réduction descend par le conduit H; le courant, amené par le bloc de charbon G, suit

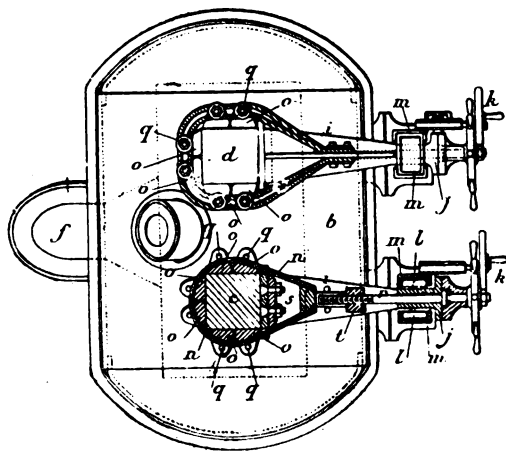
d'abord la colonne de coke et part par la sole en charbon B. — Les essais ont montré que les parois du conduit amenant le minerai fondu sont rapidement attaquées; cette difficulté s'est souvent présentée en métallurgie et pourrait sans doute être surmontée, mais M. Héroult dut abandonner ces recherches pour se consacrer à la fabrication de l'acier.

III. *Fabrication de l'acier.* — Le conférencier distingue quatre phases dans l'évolution du procédé actuellement appliqué :

1° La première phase comprend les recherches commencées en mars 1900 pour la fabrication de l'acier et du fer en partant des minerais et que nous signalions ci-dessus.

2° La seconde phase date d'octobre 1900 et est caractérisée par l'indication d'une méthode complète d'épuration et d'affinage permettant de se passer de matières premières pures et de transformer en produits d'une grande pureté des matières de qualité très ordinaire. — On charge dans le four à deux électrodes, muni d'un deuxième trou de coulée pour les laitiers et d'un couvercle amovible pour concentrer la chaleur, de la fonte solide ou liquide ou des riblons; après la fusion on évacue le premier laitier et, par addition de minerai, on forme un laitier oxydant: il y a réaction de l'oxyde du laitier sur le métal fondu et décarburation de celui-ci. L'oxydation terminée, le laitier est de nouveau évacué et remplacé par un laitier artificiel autant de fois qu'il est nécessaire pour l'épuration complète. L'épuration terminée, on recarburé le métal au degré voulu en trempant dans le bain une électrode ou un bloc de charbon et l'on termine par les additions d'usage de ferro-silicium, ferro-manganèse ou aluminium. — Un des avantages les plus saillants du procédé est qu'il permet à un très haut degré l'épuration du métal en soufre et en phosphore. Cette purification s'obtient de la manière suivante: on commence par écouler le premier laitier de fusion et on le remplace successivement par deux laitiers artificiels de composition convenable que l'on évacue aussi après les avoir laissés suffisamment en contact avec le bain. Un des modes opératoires, indiqué dans un brevet du 2 novembre 1903, est basé sur l'action du carbure de calcium

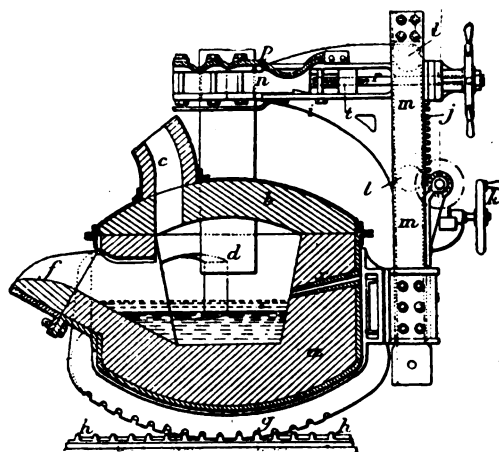
Fig. 2.



ajouté à la scorie ou bien formé directement dans le four. Le degré d'épuration est tel que, même avec des matières premières riches en soufre et en phosphore, les aciers obtenus ne renferment que 1 pour 1000 de ces impuretés. — La première coulée d'acier ainsi préparé fut effectuée le 9 octobre 1900; dès la fin de décembre 9^e d'acier pour essieux, en lingots de 400^{kg}, furent livrées à MM. Schneider et C^{ie}.

3° La troisième phase est caractérisée par des perfectionnements dans la construction du four et dans la façon d'opérer la désoxydation et la recarburisation. Le four (fig. 2 et 3) peut osciller autour d'un axe horizontal pour faciliter l'évacuation des laitiers. La désoxydation et la recarburisation sont effectuées au moyen d'un produit, appelé *carburite*, que l'on obtient en comprimant un mélange de copeaux de fer ou de fonte pure, de charbon et d'un agglomérant; ce produit est assez dense pour traverser la couche du laitier et venir en contact avec le bain métallique dans lequel il se dissout rapidement grâce à la haute température de l'arc; il permet de réaliser la désoxydation et la carburisation sans addition d'aucune matière étrangère telle que le silicium ou le manganèse et cela très exactement en pesant à l'avance la quantité de carbone à employer. — Pour faire une opération, on charge dans le four oscillant, alimenté par une machine de 400 chevaux, 2500^{kg} de ferrailles telles que vieux tire-fonds, éclisses de rails, etc. La fusion demande 5 heures, le coulage du premier laitier dure un quart d'heure. On introduit un premier laitier, artificiel ou non; la fusion et l'évacuation demandent une demi-heure. On répète cette opération avec un deuxième laitier; le poids de chaque laitier est de 50^{kg} à 60^{kg}. On ajoute ensuite assez de carburite pour désoxyder et produire un acier au-dessous de 0,6 pour 100 de carbone, car au-dessous de cette teneur l'examen d'une éprouvette donne très exactement la teneur en carbone. On prend donc une éprouvette et l'on ajoute le complément de carburite

Fig. 3.



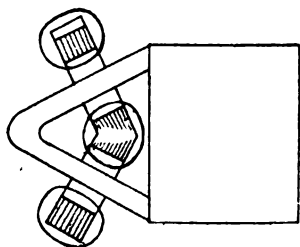
nécessaire exactement pesé et calculé d'après la teneur de l'éprouvette. Enfin on fait les additions finales convenables pour arriver à la composition voulue et l'on coule. La dissolution de la carburite et la mise au point demandent une heure. — On peut donc faire trois opérations par 24 heures comme au four Martin. Quant aux qualités de l'acier obtenu elles sont les mêmes que celles des meilleurs aciers au creuset; l'acier électrique, pour une raison encore inconnue, se forge en général plus aisément. La Société de Froges a fabriqué actuellement plus de 3000^t de cet acier.

4° La dernière adaptation du procédé a pour but de diminuer la dépense d'énergie électrique en faisant du four électrique le complément des convertisseurs Bessemer ou des fours Martin. On commence par préparer au Bessemer ou au Martin basique un métal très oxydé en poussant le soufflage beaucoup plus loin qu'à l'ordinaire, de telle sorte qu'il ne reste plus que 0,01 pour 100 de phosphore. Un tel métal ne pourrait être utilisé par les procédés actuels que

par l'addition de quantités considérables de ferro-silicium ou de ferro-manganèse et ne fournirait qu'un produit de mauvaise qualité. Si au contraire on porte ce métal fondu dans le four électrique en ayant soin d'éliminer soigneusement toute trace de scorie phosphatée, on peut désoxyder facilement le métal au moyen de la carburite et le recarburer au point voulu en une heure environ. On fait à la fin les additions convenables de ferro-silicium, ferro-manganèse ou aluminium et l'on coule.

En terminant, le conférencier indique la dépense d'énergie électrique pour le traitement d'une tonne de fonte. Dans le mode opératoire décrit comme marquant la troisième phase il faut 400 chevaux pendant 7 heures, soit environ 2000 kw : h pour traiter 2500^{kg}, c'est-à-dire 800 kw : h par tonne; dans la dernière variante il ne faut plus que 400 chevaux pendant 1 heure, ce qui correspond à 120 kw : h par tonne. En admettant que le kilowatt-heure coûte 1, 5, 3 ou 2 centimes suivant que l'on utilise la force hydraulique, des moteurs à vapeur, des moteurs à gaz pauvre ou des moteurs à gaz de hauts fourneaux, la dépense se trouve être de 8^{fr}, 40^{fr}, 24^{fr}, 16^{fr} par tonne fabriquée par le procédé de la troisième phase, et de 1^{fr}, 20, 6^{fr}, 3^{fr}, 60, 2^{fr}, 40 quand on opère comme il est indiqué en dernier lieu. — Quant à la dépense provenant de l'usure des électrodes, elle est, d'après M. Combes, tout à fait minime.

Four à induction Schneider pour l'affinage de l'acier (*Revue de Métallurgie*, p. 21, 31 janvier). — Dans la discussion qui a suivi la Communication de M. Combes, analysée ci-dessus. M. Saladin, ingénieur de la Maison Schneider et C^{ie}, fait connaître un dispositif appliqué par cette Maison pour obtenir dans les fours à induction une circulation très active du métal fondu, circulation indispensable pour l'affinage du métal dans toute sa masse. Cette circulation est en effet assez faible dans les fours tels que ceux employés par Kjellin en Suède et qui se composent, comme on sait, d'un noyau magnétique fermé, dont une branche est entourée par l'enroulement inducteur et par le four à rainure circulaire où se trouve le métal qui constitue le circuit induit : dans chaque section verticale passant par l'axe du four, il y a bien un mouvement tourbillonnaire très vif, mais ce mouvement est localisé et le mélange s'effectue mal entre les parties du métal situées dans des plans verticaux formant un angle assez grand. Pour remédier à cet inconvénient, très important dans les fours de grande capacité (40^{kg} à 60^{kg}), MM. Schneider ont appliqué au four électrique le principe utilisé dans les chaudières à tubes d'eau : le chauffage est appliqué non au four lui-même, mais à un tube recourbé débouchant dans le four à deux niveaux différents. La figure montre schématiquement ce dispositif. Le four a,



pour la commodité de la construction et de la coulée, une forme rectangulaire; les deux branches du tube recourbé passent entre les branches d'une carcasse de transformateur à trois noyaux, sur lesquels sont les enroulements primaires. La circulation dans le tube est très active, la vitesse de

l'acier y atteint plusieurs mètres par seconde; dans ces conditions la chaleur produite par induction est rapidement apportée dans le four lui-même, en même temps que le contenu de ce four est énergiquement brassé. Dans ces conditions on peut réaliser facilement et sur de grandes masses toutes les opérations que permet le four Martin : affiner au minerai, changer le laitier pour purifier le métal, etc. — M. Saladin fait en outre remarquer que c'est à tort que l'on attribue à Kjellin l'idée première du four à induction; elle est due à de Ferranti, qui prit un brevet à ce propos le 15 janvier 1895.

Aciers à l'aluminium, par L. GUILLET (*Revue de Métallurgie*, t. II, p. 312-327, 30 avril). — Dans ce Mémoire l'auteur expose les résultats d'essais micrographiques et mécaniques qu'il a faits sur deux séries d'aciers à l'aluminium brut de fonte, trempés, recuits et cimentés. Ceux de la première série renferment 0,150 pour 100 de carbone environ; ceux de la seconde 0,750 pour 100. Dans chaque série la teneur en aluminium va en croissant de 0 à 15 pour 100. De ces essais, l'auteur tire les conclusions suivantes : l'aluminium n'a pas d'action importante sur les propriétés mécaniques des aciers, tant que son pourcentage est faible; au delà de 2 à 3 pour 100, il apporte une fragilité très grande. Jusqu'à 15 pour 100 d'aluminium, on ne trouve pas de combinaison fer-aluminium; l'aluminium entre en solution dans le fer. La solution fer-aluminium ainsi formée ne dissout pas le carbone; aussi la perlite prend-elle une forme granulaire spéciale, qui explique la fragilité de certains aciers, et la martensite ne se produit-elle pas par trempe que là où il y avait de la perlite. Enfin, on rencontre, dans les aciers à l'aluminium, de la cémentite libre, bien que ces aciers renferment beaucoup moins que 0,85 pour 100 de carbone. Il est bon de rappeler ici que les aciers à basse teneur en aluminium possèdent une très faible hystérésis, qui les désigne pour les applications électriques.

Fabrication électrolytique des fils métalliques très fins, par H. ABRAHAM (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1444, 29 mai). — Le procédé consiste à diminuer la section d'un fil en l'employant comme anode soluble; en mesurant de temps en temps sa résistance électrique, on se rend compte de la diminution de section et l'on arrête l'électrolyse quand cette section a atteint la valeur désirée. — Pour obtenir une section régulière quelques précautions sont nécessaires. En premier lieu il convient que le bain soit très dilué, c'est-à-dire de grande résistivité, afin que le courant se distribue uniformément sur toute la longueur du fil sans qu'il soit besoin de donner aux deux électrodes une position relative rigoureusement définie : on emploie de l'eau distillée contenant quelques millièmes de son poids de sulfate de cuivre pour le traitement des fils de cuivre, ou bien une quantité analogue de nitrate d'argent pour le traitement des fils d'argent. En second lieu, l'opération doit être conduite très lentement, afin que le sel qui se forme autour du fil ait le temps de se diffuser dans le bain; faute de cette précaution, là où par hasard le courant est trop fort, il se forme un excès de sel, le bain devient trop conducteur et le fil est bientôt coupé; les densités de courants qui conviennent sont de l'ordre du centième d'ampère par centimètre carré de surface du fil, et il est utile de diminuer l'intensité à mesure que la section diminue. L'expérience se fait commodément dans une cuvette photographique en porcelaine où le fil est très visible; ce fil est suspendu par des crochets de verre et est soudé à ses deux extrémités à deux tiges métalliques ne plongeant pas dans le bain pour éviter les couples locaux.

MESURES ET ESSAIS.

Sur les électrodynamomètres, par TH. BRUGER
(*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXV, p. 822-825,
15 septembre 1904).

Dans une Communication du 31 mai 1904, à l'Elektrotechnischer Verein, M. Th. Bruger indique les considérations théoriques qui l'ont conduit à la réalisation du modèle d'électrodynamomètre qu'il a fait construire par Hartmann et Braun et qu'il présente. Le but à atteindre était d'obtenir un électrodynamomètre dans lequel les déviations soient, autant que possible, proportionnelles à l'intensité I , au lieu de l'être à I^2 comme cela arrive avec la plupart des électrodynamomètres.

Si l'on appelle α la déviation pour un courant I , G l'énergie potentielle de la bobine fixe par rapport à la bobine mobile, lorsque toutes les deux sont parcourues par un courant égal à l'unité, on a

$$I^2 \frac{dG}{d\alpha} = f(\alpha);$$

pour obtenir la proportionnalité absolue il faudrait

$$I = C\alpha, \\ \frac{dG}{d\alpha} = \frac{f(\alpha)}{C^2\alpha^2},$$

et si la force antagoniste $f(\alpha)$ est également proportionnelle à α ,

$$f(\alpha) = C_1\alpha, \quad \frac{dG}{d\alpha} = \frac{C_1}{C^2\alpha} = \frac{K}{\alpha}.$$

A l'aide de la formule de Neumann, l'auteur calcule l'énergie potentielle d'un système de deux conducteurs égaux et parallèles, de longueur l , situés tous les deux à une distance ρ d'un axe de rotation qui leur est parallèle. La distance qui sépare ces deux conducteurs est une fonction de l'angle α que font les deux plans passant par l'axe de rotation et chacun des conducteurs. Le calcul, que nous ne reproduisons pas ici, conduit à

$$\frac{dG}{d\alpha} = \cot \frac{\alpha}{2} \left(2\rho \sin \frac{\alpha}{2} - \sqrt{l^2 + 4\rho^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}} \right).$$

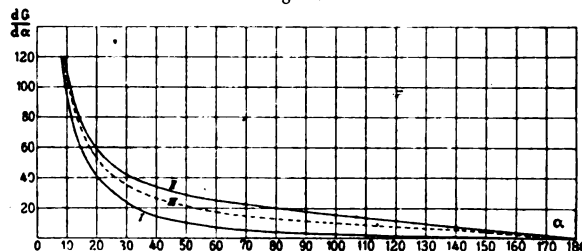
Un calcul analogue, appliqué à deux conducteurs égaux qui se croisent en un point autour duquel ils peuvent tourner, donne, en appelant ε l'angle que font entre eux ces deux conducteurs

$$\frac{dG}{d\varepsilon} = - \frac{l \cos \varepsilon \cot \frac{\varepsilon}{2}}{1 + \sin \frac{\varepsilon}{2}} - 2l \sin \varepsilon \log_a \frac{\sin \frac{\varepsilon}{2} + 1}{\sin \varepsilon}.$$

La figure 1 montre la forme de $\frac{dG}{d\alpha}$ (courbe I) et de $\frac{dG}{d\varepsilon}$ (courbe II) lorsque α et ε varient entre 0

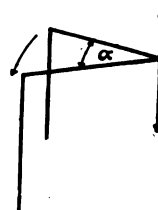
et 180° . La courbe III montre l'effet résultant que l'on obtient en combinant deux conducteurs, un

Fig. 1.



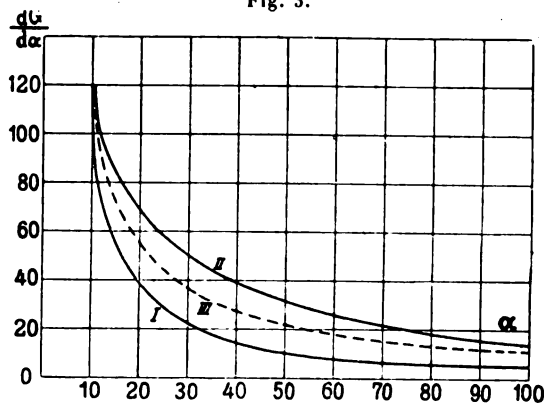
fixe et un mobile formés chacun, comme le montre la figure 2, d'un élément parallèle à l'axe, et d'un autre perpendiculaire.

Fig. 2.



M. Bruger a vérifié la théorie en faisant des mesures sur un système de deux bobines rectangulaires dont l'une pouvait s'écarter de l'autre en tournant autour d'un de ses côtés. Les courbes de la figure 3, qui résument les résultats expérimentaux, montrent un accord suffisant entre la théorie et l'expérience. Cependant les formules ci-dessus ne sont pas complètes lorsqu'on les applique à un système de cadres, car il faut tenir compte non seulement de l'action mutuelle des parties parallèles et des parties perpendiculaires, mais aussi de l'action des premières sur les secondes. C'est par des tâtonnements successifs que l'on arrive à comparer les actions perturbatrices afin d'obtenir une loi de gra-

Fig. 3.

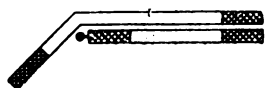


taux, montrent un accord suffisant entre la théorie et l'expérience. Cependant les formules ci-dessus ne sont pas complètes lorsqu'on les applique à un système de cadres, car il faut tenir compte non seulement de l'action mutuelle des parties parallèles et des parties perpendiculaires, mais aussi de l'action des premières sur les secondes. C'est par des tâtonnements successifs que l'on arrive à comparer les actions perturbatrices afin d'obtenir une loi de gra-

duction aussi voisine que possible de la proportionnalité.

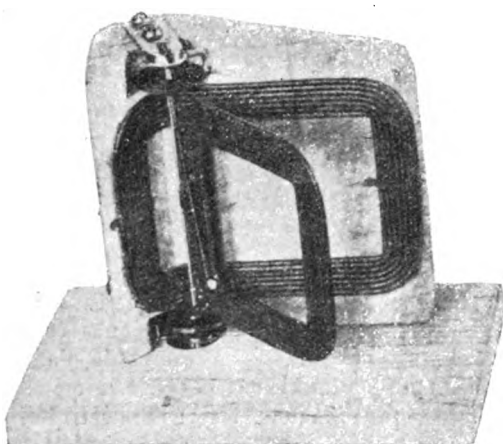
La forme adoptée aujourd'hui par la maison Hartmann et Braun est celle qui est représentée en

Fig. 4.



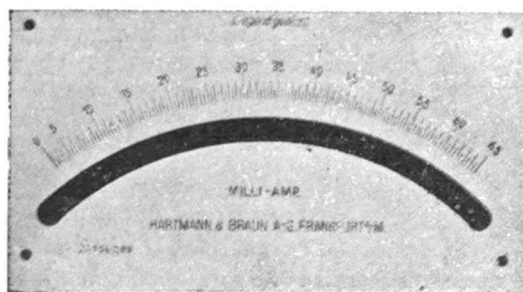
coupe dans la figure 4 et en perspective dans la figure 5. La bobine fixe est rectangulaire; elle dépasse la bobine mobile du côté de l'axe et elle est légèrement repliée.

Fig. 5.



La théorie prévoit que quand les deux circuits sont parallèles et contigus, la force qui s'exerce entre eux est infinie; en pratique il n'en est pas ainsi, car les bobines ne peuvent pas être sans dimensions, de sorte que les circuits ne peuvent pas

Fig. 6.



coïncider, la force au départ est plus petite que quand les deux bobines se sont un peu écartées, par suite les divisions du début ne sont pas aussi larges que les autres; cet inconvénient n'est d'ailleurs pas

grave, car on voit, sur la figure 6, que de 2^{mm} à 65^{mm} l'uniformité des divisions est assez grande.

Comme le montre la figure 5 les bobines sont très plates; la bobine mobile est rappelée par deux ressorts spéciaux qui servent aussi aux connexions, comme dans tous les appareils à cadre mobile.

Le premier des deux instruments présentés est un milliampèremètre. La résistance totale des deux bobines est de 230 ohms. La self-induction dépend naturellement de l'angle α que font entre elles les deux bobines; pour $\alpha = 0$, où sa valeur est minimum, on a environ 0,02 henry; pour $\alpha = 90^\circ$, c'est-à-dire au bout de l'échelle, la valeur est doublée. Dans ces conditions l'impédance, pour un courant à 50 périodes, diffère seulement de 0,1 pour 100 de la résistance ohmique.

Le deuxième modèle sert pour les courants intenses, il mesure directement de 0,05 à 1,8 ampère, avec une chute de potentiel maximum de 0,5 volt; le coefficient de self-induction de ce modèle est 1000 fois plus petit que celui du précédent. Cet appareil se met en dérivation sur un shunt pour les intensités supérieures à 1,8 ampère.

Ces deux électrodynamomètres sont munis d'amortisseurs à air.

H. A.

BREVETS RÉCENTS.

Compteurs : ARON ET RUEG. BP. 27755, 1904. — ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. DRP. 160393 et 160756, 12 nov. et 17 août 1904. — AUBERT. BF. 350666, 10 janv. 1905 (socle pour compteur horaire d'électricité); *id.* BP. 12336, 1904 (compteur). — BUSCH. DRP. 159914 et 160884, 23 mars et 7 juillet 1904 (compteur électrolytique). — COURVOISIER FRÈRES. 319627, 28 déc. 1904 (compteur horaire d'électricité). — HAUSKNECHT. DRP. 160197, 31 oct. 1900. — HOLDEN & CHAMBERLAIN. BP. 13223, 1904. — KRAUSSE. BP. 7937, 1904. — RITTNER ET CO. BF. 349200, 17 déc. 1904 (dispositif de compensation des frottements dans un ampère-heuremètre). — SEIDEL. DRP. 160838, 7 juil. 1904. — SIEMENS-SCHUCKERT. DRP. 160091, 20 avril 1904 (compteur à double tarif). — THORDARSON. USAP. 787712 et 787713, 28 oct. 1903.

Appareils divers : ANTHONY. USAP. 787256, 15 août 1902 (ampèremètre). — ARCIONI. BP. 29363, 1904 (instrument de mesure électrique). — BERY. BF. 350699, 6 janv. 1905 (galvanomètre thermo-électrique pour la mesure du courant alternatif). — BLATHY. BF. 350654, 10 janv. 1905 (dispositif applicable aux appareils de mesure électrique pour en augmenter la sensibilité et la précision). — BRISTOL. USAP. 783503, 15 déc. 1904 (dispositif correcteur des variations de température dans les instruments de mesure). — BOURGEOIS. BF. 350698, 6 janv. 1905 (instrument de mesure électrique portable). — HENDERSON ET HIGGIN. BP. 10836, 1904 (enregistreur). — HENRICH. DRP. 160355, 24 juil. 1904 (procédé pour mesurer des courants électriques par la méthode de compensation). — LUX JUNIOR. DRP. 159723, 5 déc. 1903 (fréquencemètre). — NICHOLS ET BROWN. BP. 12213, 1904 (chronomètre électrique). — ROUSSEL ET KING. BP. 21848, 1904 (enregistreur). — SCHUCHARDT, USAP. 787345, 13 mai 1904 (indicateur de phase). — WATMOUGH. USAP. 785458, 17 nov. 1900 (indicateur de phase).

DIVERS.

Sur les variations d'éclat données par un tube de Crookes, par S. Turchini (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1139, 25 avril). — L'éclat d'un écran au platino-cyanure de baryum placé à une distance fixe d'un tube de Crookes est comparé à celui d'une plaque voisine éclairée par une lampe à incandescence à voltage fixe, munie de verres colorés donnant l'égalité de teintes aux deux plaques; l'auteur fit varier successivement la longueur d'étincelle équivalente, l'intensité secondaire, la fréquence de l'interrupteur et la nature de la bobine. — L'étude de la variation de l'éclat en fonction de la longueur équivalente a montré que : pour des fréquences de 15 à 20, cet éclat augmente avec la longueur jusqu'à ce que celle-ci atteigne 10^{cm} à 12^{cm} , puis qu'il se maintient constant; pour une même longueur d'étincelle, il croît sensiblement en raison directe de l'intensité secondaire, le taux de variation étant d'autant plus grand que l'étincelle est plus longue; pour des fréquences 63 et 126, l'éclat augmente encore d'abord avec la longueur de l'étincelle, mais décroît quand celle-ci dépasse une certaine valeur. — Quand l'intensité est maintenue constante, l'éclat diminue en même temps que la fréquence augmente. — En comparant les éclats obtenus en excitant le tube avec une bobine de 25^{mm} et une bobine de 45^{cm} d'étincelle, on s'aperçoit que, toutes choses égales d'ailleurs, l'éclat est plus grand pour la petite bobine que pour la grande. Il semble donc qu'il serait avantageux, pour la production des rayons X, d'employer une bobine de petites dimensions plutôt qu'une forte bobine, toutes choses égales d'ailleurs. L'avantage est réel pour les petits régimes; mais avec une petite bobine on atteint difficilement une intensité de 1 milliampère, et alors le tube durcit très rapidement, tandis qu'avec une forte bobine, le tube se comporte mieux. — Enfin, en faisant varier la self-inductance du primaire de sa bobine de 45^{cm} d'étincelle, M. Turchini a constaté que l'éclat augmente avec la self-inductance.

Sur le diamagnétisme du bismuth, par A. LEDUC (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1022, 10 avril). — On sait qu'un bâtonnet cylindrique de bismuth suspendu entre les pôles d'un électro-aimant, s'oriente de manière que son axe soit perpendiculaire à la direction du champ magnétique. Cependant la perpendicularité n'est pas généralement parfaite, comme l'avait déjà remarqué Faraday. Ce fait doit être attribué à ce que le bismuth a une structure cristalline et à ce que ses cristaux, quoique appartenant au système cubique, possèdent, comme la magnétite, des directions privilégiées pour l'aimantation. Il paraît donc certain que si l'on pouvait tailler une sphère dans un cristal de bismuth, cette sphère s'orienterait dans un champ magnétique. La réalisation de cette expérience étant très délicate, M. Leduc a pensé, dès 1886, au moment où il étudiait les propriétés magnétiques du bismuth, que si l'on faisait cristalliser du bismuth dans un champ magnétique, chaque cristal tendrait à s'orienter, au moment de sa formation, comme il le ferait s'il était isolé. Et comme il en serait de même dans toute la masse cristalline, l'intervention du champ aurait pour effet de déterminer dans sa propre direction un *tassement minimum*, c'est-à-dire un *maximum de perméabilité*. — Ces prévisions furent réalisées de la manière suivante : Plusieurs petits ballons de verre, aussi sphériques que possible, de 2^{cm} de diamètre environ, furent remplis de bismuth fondu et placés dans le champ intense d'un électro-aimant horizontal de Faraday (1000 à 5000 C.G.S.). Quand le métal s'est solidifié, chacune des sphères est suspendue dans le même champ au moyen d'un fil fixé à un bouchon que l'on enfonce dans le col du ballon; la sphère reprend alors l'orientation qu'elle avait au moment de sa solidification. Si, en l'absence du champ, on lui imprime un mouvement de rotation en tordant le fil, elle s'arrête rapidement dès qu'on excite le

champ et reprend encore la même orientation. — M. Leduc pense qu'on obtiendrait le même résultat si l'on pouvait faire cristalliser ainsi dans un champ magnétique intense de la magnétite, de la pyrrhotine ou toute autre substance magnétique ou diamagnétique.

Sur le dichroïsme produit par le radium dans le quartz incolore et sur un phénomène thermo-électrique observé dans le quartz enfumé à stries, par N. Egoroff (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1027, 10 avril). — Dans cette Note l'auteur relate diverses expériences dont voici les résultats : — 1° Une lame de quartz taillée parallèlement à l'axe et soumise pendant plusieurs jours à l'action du radium présente un dichroïsme identique à celui que l'on observe ordinairement dans le quartz enfumé; — 2° Une lame de quartz enfumé naturel a été décolorée par la chaleur et soumise ensuite à l'action du radium pendant 10 jours; les stries reparurent absolument identiques à celles de la portion de cette lame laissée à l'état naturel comme témoin; — 3° Un autre échantillon de quartz enfumé à stries fut taillé perpendiculairement à l'axe et soumis à l'action de la chaleur, il montra dans certaines de ses parties une électrisation négative que l'auteur attribue à un phénomène thermo-électrique nouveau. — L'auteur fait suivre la relation de ces expériences des remarques suivantes : « Il me semble que le dichroïsme provoqué par le radium dans le quartz incolore, la décoloration bien connue du quartz enfumé par la chaleur et le nouveau phénomène thermo-électrique constaté dans le quartz naturel à stries, constituent un groupe de phénomènes qui nous mettra, peut-être, sur la voie d'une relation intime existant entre la coloration du quartz enfumé, de l'améthyste, de la fluorine colorée, du sel gemme bleu, etc., et les phénomènes de radioactivité qui se produisaient à l'intérieur de notre globe dans les temps passés. »

Sur l'ionisation et le coefficient d'aimantation des solutions aqueuses, par G. MESLIN (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1329, 15 mai). — Dans cette Note, l'auteur établit que si l'on déduit, par le calcul, le coefficient d'aimantation d'un sel cristallisé des mesures faites sur des dissolutions de ce sel, on trouve des nombres différents suivant la valeur de la concentration. Une anomalie du même genre se présente pour l'alcool éthylique plus ou moins hydraté.

Propriétés de la pyrrhotine dans le plan magnétique, par P. WEISS (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1332, 15 mai). — En 1898 l'auteur a démontré que la pyrrhotine ne peut s'aimanter que parallèlement au plan de base du prisme hexagonal dont les cristaux de cette substance semblent dérivés. Dans cette Note l'auteur développe quelques considérations sur la constitution de la pyrrhotine qui lui permettent d'interpréter les résultats des expériences.

Sur les ions de l'atmosphère, par P. LANGEVIN (Communication faite à la séance du 19 mai de la Société française de Physique). — I. En premier lieu, l'auteur rappelle qu'il a démontré la présence constante dans l'atmosphère d'ions de faible mobilité, analogues à ceux que produisent les actions chimiques (oxydation du phosphore, combustion, etc.). Le nombre de ces gros ions est en général, au voisinage du sol, considérable par rapport à celui des ions ordinaires, de mobilité environ mille fois plus grande, que produisent les radiations provenant du Soleil ou des matières radioactives présentes dans le sol ou dans l'air.

II. Dans la seconde partie de sa Communication, M. Langevin montre que l'existence de ces gros ions permet d'interpréter de manière simple la diminution progressive du courant qu'on peut faire passer dans une masse limitée d'air aussitôt après son introduction dans un récipient métallique

fermé portant une électrode centrale isolée reliée à un électromètre. Cette diminution, qui dure environ 1 heure pour un récipient de 80^{cm} de diamètre quand une différence de potentiel de 700 volts est maintenue entre l'électrode et la paroi, a été observée en particulier par M. Mac Lennan et rapportée par lui à l'existence dans l'air d'une radioactivité induite qui disparaît spontanément après l'introduction de l'air en vase clos. Cette explication semble insuffisante, car elle implique une loi de variation du courant indépendante du champ électrique employé pour la mesure, tandis que l'expérience donne une influence considérable de ce champ. La diminution du courant se produit de manière toute différente, suivant qu'on maintient le champ de façon continue ou qu'on l'établit seulement au moment des mesures; elle est d'autant plus rapide que ce champ est plus intense, et peut même être remplacée par un accroissement si l'on supprime le champ après l'avoir maintenu pendant un temps suffisant. De plus, le passage de l'air sur un tampon d'ouate avant son introduction dans le récipient *supprime la diminution de manière complète* sans que l'ouate manifeste une radioactivité comparable à celle nécessaire pour l'explication proposée. — La présence, dans l'air introduit, de gros ions que le champ ne peut recueillir qu'en un temps très long, d'autant plus que le champ est plus faible, représente au contraire très bien tous les faits précédents, l'ordre de grandeur des mobilités nécessaires étant toujours de $\frac{1}{100}$ de millimètre par seconde dans un champ de 1 volt par centimètre. De plus, l'introduction artificielle dans le récipient de gros ions produits par une flamme ou par la combustion du tabac, donne lieu à des phénomènes plus intenses, mais exactement semblables aux précédents, s'accordant qualitativement et quantitativement avec les propriétés des ions peu mobiles.

III. L'origine de ces gros ions semble être la suivante : on sait que l'air renferme toujours des particules qui servent de germes pour la formation des gouttes dans une atmosphère légèrement sursaturée de vapeur d'eau. En se basant sur ces phénomènes de condensation, M. Aitken a pu mesurer le nombre de ces particules, peut-être résidus de gouttes évaporées, et l'a trouvé au voisinage du sol, de l'ordre de 100000 par centimètre cube. Les ions ordinaires, produits continuellement par les radiations diverses, sont attirés électrostatiquement par ces particules dont le pouvoir inducteur spécifique est différent de celui du milieu et les chargent. Cette transformation des particules neutres en gros ions est limitée par la recombinaison des gros ions ainsi formés avec les petits ions de signe contraire, et, si les petits ions des deux signes sont également nombreux, il s'établit un régime permanent dans lequel une fraction seulement des particules est transformée en gros ions des deux signes, fraction qui dépend de la grosseur des particules, mais est *indépendante du nombre des petits ions*, puisque les deux phénomènes inverses de diffusion et de recombinaison se font avec des vitesses proportionnelles à ce nombre. — L'expérience confirme entièrement ce résultat et toutes les conséquences de la théorie précédente : l'introduction d'une substance fortement radio-active dans un récipient contenant de l'air chargé de particules en suspension ne modifie nullement le nombre des gros ions. De plus l'accroissement du courant constaté précédemment après une suppression momentanée du champ s'explique par la présence des particules neutres qui ne se chargeaient pas lorsque le champ extrayait rapidement du gaz les petits ions à mesure de leur production, et qui se transforment à leur tour en gros ions après la suppression. L'accumulation des gros ions au voisinage des électrodes doit également intervenir et peut se

démontrer expérimentalement par l'influence électrique qu'ils exercent sur les électrodes.

IV. La théorie précédente prévoit également que toutes les particules deviendront des gros ions si l'air ne renferme que des petits ions d'un seul signe, et l'expérience confirme cette prévision dans des circonstances variées. En particulier l'action de la lumière ultra-violette sur une lame de zinc chargée négativement produit des gros ions négatifs dans l'air *non filtré*, et leur nombre est de l'ordre de 100000 par centimètre cube, conformément au résultat déduit par M. Aitken des expériences de condensation, tandis que le nombre des gros ions de chaque signe était d'environ 10000 auparavant. — L'expérience précédente fournit un moyen simple de confirmer avec précision *l'absence complète dans l'air d'ions de mobilités intermédiaires entre celles des petits et des gros ions*. Ces derniers, dont la grosseur minimum déduite de leur mobilité (diamètre : 10²² environ) correspond à l'épaisseur de la tache noire dans les lames liquides minces, constituent une catégorie bien distincte des ions ordinaires et doivent être étudiés indépendamment au point de vue des variations de leur nombre dans l'air. — Cette absence complète d'intermédiaires stables résulte également d'expériences du type décrit dans une communication précédente et reprises avec le plus grand soin sur l'air atmosphérique normal, prélevé près du sol. Elle est également confirmée par des expériences récentes de M. Bloch sur les gaz de la flamme.

V. L'action directe sur l'air de la lumière ultra-violette produite par un arc à charbons donne des petits ions négatifs et des gros ions positifs, ainsi que M. Lenard l'avait observé. Cet effet, attribué par lui à une action directe de la lumière sur le gaz, *disparaît de manière complète*, au moins en ce qui concerne les gros ions positifs, quand l'air est filtré sur un tampon d'ouate. Il semble donc provenir, contrairement à l'opinion de M. Lenard, d'une action photo-électrique de la lumière sur les particules ou poussières contenues dans l'air, qui provoque l'émission par celles-ci de corpuscules négatifs et les transforme en gros ions positifs. *L'action de la lumière ultra-violette de l'arc sur l'air privé de poussières ne produit pas d'ions de faible mobilité*. Il serait intéressant de savoir comment l'effet photo-électrique sur les particules en suspension dans l'air dépend de leur nature.

Résistance électrique du corps humain. — On sait combien est variable la résistance du corps humain non seulement suivant les personnes, mais encore, pour une même personne, avec diverses circonstances. M. E.-K. Muller, directeur de l'Institut Salus, de Zurich, a fait à cet Institut une série de recherches méthodiques pour se rendre compte des causes de cette variation. Il a constaté que la résistance électrique, mesurée d'une main à l'autre, dépendait de l'état psychique. Ainsi, tandis qu'elle reste sensiblement constante pendant le premier sommeil (et aussi pendant l'hypnose), elle diminue notablement (parfois d'un tiers) lorsque la nervosité de la personne soumise à l'expérience se trouve mise en jeu. Il a reconnu, en outre, que la résistance dépend de l'état général de santé et du genre de vie. Par exemple, il a toujours trouvé une résistance beaucoup plus faible chez les alcooliques que chez les sujets sains. — Dans ces expériences, la résistance était mesurée d'une main à l'autre, les mains étant plongées dans deux vases remplis d'eau salée et le courant étant fourni par une batterie de trois accumulateurs. La moyenne des mesures effectuées sur 73 personnes a donné 3125 ohms pour la résistance; la plus grande valeur trouvée s'élevait à 5376 ohms et concernait un jeune garçon souffrant des dents; la plus faible descendait à 1182 ohms et se rapportait à un étudiant alcoolique.

BIBLIOGRAPHIE (').

La télégraphie sans fil, par Domenico MAZOTTO, traduit de l'italien par J.-A. MONTPELLIER. Un vol., format 25^{cm} × 17^{cm}, 432 pages, 250 fig. Ch. Dunod, éditeur, 49, quai des Grands-Augustins. Prix : broché, 12^{fr}, 50^c; cartonné, 14^{fr}.

Dans cet Ouvrage l'auteur n'envisage pas seulement la télégraphie par ondes hertziennes, mais encore les divers systèmes de télécommunication sans fil qui utilisent les phénomènes électriques autres que ceux produits par des oscillations rapides. C'est ainsi qu'un Chapitre est consacré à la *télégraphie sans fil par conduction*, soit à travers l'eau, soit à travers la terre, qu'un autre s'occupe de la *télégraphie par induction*, électrostatique ou électromagnétique, qu'un troisième traite des *systèmes radiophoniques* et enfin un quatrième des systèmes fondés sur l'emploi des *radiations ultraviolettes et infra-rouges*. Avec le Chapitre V, l'auteur aborde la radiotélégraphie par quelques considérations générales sur la *production et la propagation des ondes hertziennes*. La description des *appareils de radiotélégraphie* forme la matière du Chapitre suivant, de beaucoup le plus étendu de l'Ouvrage, qui en occupe près du quart. Les *systèmes de radiotélégraphie* préconisés dans des buts spéciaux sont décrits dans les deux Chapitres suivants, également très étendus. Un exposé chronologique des *expériences pratiques et applications*, quelques pages sur la *téléphonie sans fil*, enfin l'indication des *applications diverses* de la radiotélégraphie, constituent les sujets des derniers Chapitres.

Chacune des parties que nous venons d'indiquer est traitée avec beaucoup de développement et beaucoup de clarté; de plus M. Montpellier a su rendre sa traduction d'une lecture facile et attrayante. Ce sont là des qualités qui assureront le succès de cet Ouvrage dont le besoin ne se faisait peut-être pas absolument sentir en France où nous possédons déjà d'excellents Ouvrages sur le même sujet. J. B.

Le four électrique; son origine, ses transformations et ses applications, par A. MINET. Un vol., format 28^{cm} × 19^{cm}, 74 pages, 42 figures, 8 portraits et 20 tableaux. A. Hermann, éditeur, 6 et 12, rue de la Sorbonne. Prix : broché, 5 fr.

Cette brochure est le premier fascicule d'un Ouvrage devant comprendre 5 fascicules et former une véritable encyclopédie des nombreux travaux concernant le four électrique.

D'après les considérations générales exposées au début de la brochure, M. Minet divise l'histoire du four électrique en trois périodes; la première s'étendant de

1808 à 1886; la deuxième de 1886 à 1890 et est caractérisée par l'utilisation du four électrique à la fabrication de l'aluminium; enfin la troisième embrassant les travaux tout à fait récents.

La première période est traitée dans le fascicule qui nous occupe; on y trouve un index bibliographique indiquant les journaux, revues et brevets où ont été décrits originairement les divers fours imaginés pendant cette période, index qui, bien que probablement incomplet, pourra rendre service aux chercheurs.

Cet exposé descriptif des fours de la première période est suivi d'une partie théorique occupant près de la moitié du fascicule et où sont résumées quelques considérations générales sur les grandeurs et unités électriques, les systèmes et cycles électriques et les lois fondamentales de l'Électrochimie. H. P.

Les bateaux automobiles à pétrole, par René CHAMPLY, ingénieur mécanicien. Un volume, format 25^{cm} sur 16^{cm}, 150 pages, nombreuses figures, H. Desforges, 39, quai des Grands-Augustins, Paris. Prix : broché, 4 fr. 50 c.

Malgré quelques tentatives isolées, l'application de l'électricité à la propulsion des bateaux est encore restée à l'état embryonnaire. Ce n'est pas toutefois une raison pour que les électriciens se désintéressent du sujet et, en particulier, des efforts que font depuis quelque temps les constructeurs de moteurs à essence en vue de l'utilisation de ces moteurs aux embarcations de plaisance et aux bateaux de pêche. Il est même probable que, en raison des défauts inhérents à ce genre de moteurs, de la nécessité de leur adjoindre un volant d'énergie et de la souplesse de manœuvre du moteur électrique, nous ne tarderons pas à voir réaliser sur les bateaux, comme nous le voyons déjà sur les voitures, l'accouplement de l'essence de pétrole, utilisée comme source de force motrice, avec l'électricité, utilisée comme agent de transmission.

Aussi avons-nous plaisir à signaler ici la publication récente de la brochure de M. Champly sur les bateaux automobiles à pétrole. Très largement illustrée et luxueusement éditée, cette brochure renferme sur la théorie et la construction de ces bateaux des renseignements à la fois suffisamment complets pour intéresser l'ingénieur et suffisamment concis pour ne pas décourager l'amateur. Aussi constitue-t-elle un excellent ouvrage de haute vulgarisation qui mérite d'être accueilli par le monde automobiliste avec autant d'empressement que l'a été le *Manuel de pratique mécanique* du même auteur, que nous signalions dans le numéro du 15 mai de cette *Revue*.

(') Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont deux exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Sociétés savantes et techniques.

ACADÉMIE DES SCIENCES. — Les analyses des Communications présentées aux dernières séances sont publiées page 349.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE. — Le résumé de la Communication *Sur les ions de l'atmosphère*, faite par M. LANGEVIN à la séance du 19 mai, est reproduit page 349.

A la séance du 2 juin, M. BLOCH a fait connaître les résultats de ses expériences sur la *Conductibilité des gaz issus d'une flamme*, puis M. de WATTEVILLE a exposé les expériences de M. HEMSALECH sur les *Étincelles oscillantes*; ces recherches sont déjà signalées dans le précédent numéro, pages 314 et 315. Ensuite, M. ARMAGNAT a présenté un *Interrupteur Wehnelt* et un *Rupteur pour courant alternatif* construits par la maison Carpentier; ces appareils seront décrits dans le prochain numéro. Enfin, M. H. ABRAHAM expose un procédé de *Fabrication électrolytique des fils métalliques fins* qui est signalé page 346 de ce numéro.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS. — A la séance du mercredi 7 juin, M. Bouty, président, fait part à la Société du décès de M. Potier et, dans un discours très documenté, rappelle la part importante qui revient à M. Potier dans le développement de l'Électrotechnique.

L'ordre du jour appelle ensuite les Communications suivantes : *Sur la capacité des grands câbles sous-marins*, par DEVAUX-CHARBONNEL; *Sur l'extension à des courants alternatifs quelconques de certaines constructions géométriques des courants sinusoïdaux*, par SWYNGEDAUX; *Résultats d'expériences sur l'établissement du régime dans les transformateurs*, par JOHANN. Une analyse de ces Communications sera donnée dans les prochains numéros.

Conférence sur l'état actuel des industries électriques.

Les analyses des conférences faites par M. Boucherot et par M. Weiss les 30 mai et 6 juin sont données pages 335 et 341.

La conférence sur l'*État actuel de la Téléphonie*, par DE LA TOUAINNE, qui termine la première série de ces conférences et qui devait avoir lieu le mardi 13 juin, est, en raison des fêtes de la Pentecôte, reportée au vendredi 16 juin à 8^h 30^m.

Congrès de l'Exposition de Liège.

CONGRÈS INTERNATIONAL DES MINES, DE LA MÉTALLURGIE, DE LA MÉCANIQUE ET DE LA GÉOLOGIE APPLIQUÉES. — Comme nous l'annonçons dans notre numéro du 28 février (p. 127), ce Congrès se tiendra du 25 juin au 2 juillet. Les séances auront lieu le matin; les après-midi seront consacrés à des visites techniques.

Les Communications annoncées sont très nombreuses : 42 pour les Mines, 18 pour la Métallurgie, 21 pour la

Mécanique et 30 pour la Géologie appliquée. Parmi celles qui intéressent plus spécialement les ingénieurs-électriciens, nous signalerons les suivantes :

Comparaisons expérimentales entre les machines d'extraction à vapeur et les machines d'extraction électriques, par R. HENRY, ingénieur, secrétaire de la Section des Mines. *Étude expérimentale et théorique d'une machine d'extraction électrique de son système*, par CRÉPLET, ingénieur à la Compagnie internationale d'Électricité, à Liège. *Étude expérimentale et théorique de la machine d'extraction électrique système Ilgner*, par P. HABETS, directeur-gérant des Charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune, professeur à l'Université libre de Bruxelles. *Étude expérimentale et théorique de la machine d'extraction électrique attaquée directement par moteurs à courants triphasés*, par HALLEZ, ingénieur en chef des Charbonnages du Grand-Hornu. *La machine d'extraction électrique système Lahmeyer*, par ROUARD, ingénieur.

Conditions à remplir par le matériel électrique des mines, par LAPOSTOLLET, ingénieur en chef des Mines de Carmaux, et par HALLEUX, ingénieur principal des Mines.

Fabrication d'acier au four électrique, par PITAVALL, ingénieur civil des Mines, à Neuilly-sur-Seine.

Nouveaux procédés de soudure : soudure électrique, soudure au gaz à l'eau, au gaz oxyhydrique, à l'acétylène, par F. JOTTRAND, à Bruxelles.

Sur le couplage en parallèle des alternateurs, par P. BOUCHEROT.

La production de la force motrice par les turbines à vapeur, les turbines à gaz, les moteurs à gaz pauvres, ou à gaz de hauts fourneaux donnent également lieu à de nombreuses communications de MM. Rateau, Armengaud, Deschamps, Mathot, Witz, etc.

CONGRÈS INTERNATIONAL DE RADIOLOGIE ET D'IONISATION. — C'est du 12 au 14 septembre que se tiendra ce Congrès. Il comprendra deux sections consacrées respectivement aux Sciences physiques et aux Sciences biologiques. Les travaux de la première section porteront sur les questions suivantes : *Physique des électrons*, comprenant les radiations de diverses natures; *Radioactivité* et les transformations correspondantes (étude de l'activité des eaux et du sol ainsi que des gisements radioactifs); *Phénomènes météorologiques et astronomiques* imputables à l'ionisation, à la radio-activité et aux rayonnements divers.

Informations diverses.

TÉLÉGRAPHIE. — D'après l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, la Compagnie américaine Commercial Cable va bientôt poser son cinquième câble transatlantique. Ce nouveau câble, qui sera immergé entre l'Irlande et la Nouvelle-Ecosse, aura un développement de 3900^{km} et coûtera environ 11 500 000 fr.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

SOMMAIRE.

- I. **Nouveaux modèles d'interrupteurs de bobines**, par H. ARMAGNAT, p. 353. — **Les installations électriques de la ligne Paris-Juvisy** (suite et fin), par P. BOURGUIGNON, p. 355.
- II. **Génération et Transformation** : L'élément au charbon; un couple au gaz tonnant, par F. HABER et L. BRUNER; Usine génératrice à gaz de San Francisco; Brevets récents, p. 363 à 368. — **Transmission et Distribution** : Emploi des survolteurs comme réducteurs pour l'alimentation simultanée d'un réseau de traction et d'un réseau d'éclairage à courant alternatif ou continu, par B. JACOBI; Brevets récents, p. 369 à 370. — **Traction** : Sur les moteurs de traction à courants alternatifs, par STEINMETZ; Emploi des voitures de remorque, par PAVIE; Freins pour tramways électriques, par SCHOLTES; Montage à ressorts des roues dentées de tramways; Brevets récents, p. 371 à 373. — **Télégraphie et Téléphonie** : Câble téléphonique à inductance uniforme, par D.-C. JACKSON; Nouveau modèle de télégraphone Poulsen; Etat actuel de la Téléphonie, par DE LA TOUANNE; Brevets récents, p. 374. — **Mesures et Essais** : Sur la mesure de la capacité des grands câbles sous-marins, par DEVAUX-CHARBONNEL; Nouveau mode d'application du tube de Pitot-Darcy à la mesure de la vitesse dans les conduites d'eau sous pression, par H. BELLET, p. 375. — **Divers** : Sur la dynamique de l'électron, par H. POINCARÉ; etc., p. 376.
- III. **Variétés, Informations** : Sociétés savantes et techniques; Conférences sur l'état actuel des Industries électriques; Errata du tome III; Informations diverses, p. 377.
- IV. **Tables des matières et noms d'auteurs**, p. 378 à 392.

NOUVEAUX MODÈLES D'INTERRUPTEURS DE BOBINES.

Parmi les appareils montrés par les ateliers Carpentier à la Séance de Pâques de la Société de Physique, figuraient deux interrupteurs de bobines intéressants par la simplicité des moyens mis en action.

Le premier était un interrupteur Wehnelt à circulation. On sait que la plus grande difficulté que l'on rencontre dans l'emploi du Wehnelt, avec le voltage ordinaire des réseaux de distribution, provient de l'énorme quantité de chaleur dégagée dans l'électrolyte. En effet, dans les conditions les plus favorables, il n'est pas rare de voir 80 pour 100 de l'énergie dépensée rester dans l'interrupteur; ce rendement défectueux n'est pas un obstacle pour l'emploi même de l'instrument, car on regarde assez peu au rendement des bobines, mais l'inconvénient résulte de la quantité de chaleur dégagée qui amène assez rapidement l'électrolyte à l'ébullition, or, on sait que le fonctionnement du Wehnelt s'arrête à cette température.

Dans les applications de longue durée on a été conduit aux deux solutions principales suivantes :

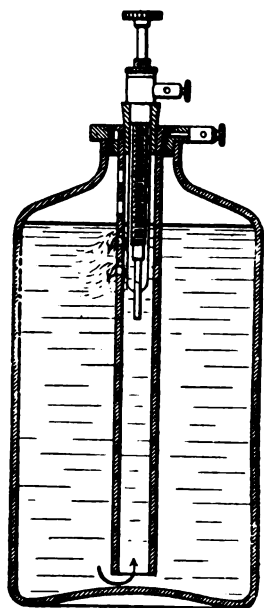
créer une circulation de liquide froid dans un serpentin plongé dans l'électrolyte ou prendre un vase de très grande capacité afin d'avoir une plus grande masse de liquide à échauffer. Le nouvel interrupteur Wehnelt participe à ces deux moyens à l'aide d'un artifice assez simple qui consiste à provoquer la circulation à l'aide de la chaleur perdue.

Quand on place une anode de Wehnelt dans un grand vase on constate que tout le liquide placé au-dessus de l'anode s'échauffe, tandis que celui qui est au-dessous reste froid. Dans l'appareil représenté par la figure 1, le vase en verre renferme un tube de plomb vertical, formant cathode, au milieu duquel se trouve une anode réglable à vis, du modèle bien connu, préconisé, dès le début du Wehnelt, par M. Carpentier. Le tube de plomb cathode plonge jusqu'à quelques millimètres du fond du vase; au-dessus de l'anode il est percé de trous qui débouchent au niveau supérieur du liquide.

Il est facile de comprendre ce qui se passe : dès la fermeture du circuit l'électrolyte qui est au

contact de l'anode s'échauffe rapidement et, en vertu de son changement de densité, il tend à monter dans le tube cathode, tandis qu'il est

Fig. 1.



remplacé par du liquide froid, aspiré à la partie inférieure.

Dès que l'interrupteur fonctionne, la circulation s'établit régulièrement dans le tube de plomb et le liquide chaud sort en bouillonnant par les trous de la partie supérieure. La marche est si régulière qu'en touchant le vase en verre on constate une séparation très nette entre la couche supérieure chaude et la couche inférieure froide; la ligne de séparation descend lentement jusqu'à ce que toute la masse de liquide soit échauffée; on arrive ainsi à faire participer tout l'électrolyte à l'échauffement et, avec un récipient de 4 l à 5 l de capacité, on peut obtenir une marche continue d'une heure avec 120 volts et 12 à 15 ampères. De plus, le courant liquide qui se produit autour de l'anode permet d'obtenir une régularité des interruptions plus grande que celle que donnent les anodes plongées dans une grande masse de liquide.

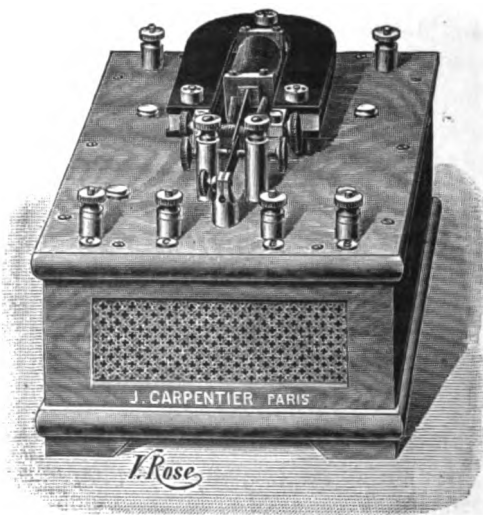
L'électrolyte employé peut évidemment être quelconque; mais il est préférable d'employer la solution de sulfate de magnésie à moitié saturée, proposée par M. Hauser; avec cette solution les résultats sont aussi bons qu'avec l'eau acidulée

sulfurique et il n'y a ni émanation désagréable, ni corrosion des pièces métalliques.

Le second interrupteur est spécialement construit pour l'emploi du courant alternatif. La condition essentielle à remplir est la synchronisation aussi parfaite que possible du mouvement de l'interrupteur avec le courant alternatif employé. Cette synchronisation est nécessaire parce que, dans la plupart des applications des bobines, il faut que le courant secondaire soit toujours de même sens, et aussi, parce que, ayant affaire à un courant dont l'intensité varie à chaque instant, il faut produire la rupture au moment où l'intensité maximum est atteinte.

Le rupteur Carpentier, grâce à son absence de période propre, permet d'obtenir une synchronisation *momentanée* assez bonne, mais au prix d'un réglage délicat. Pour le rendre parfaitement synchrone, il suffit de polariser la palette de fer mobile au moyen d'un électro-aimant, parcouru par le courant alternatif, et de la placer en présence d'un aimant permanent qui l'attire et la repousse à chaque période du courant alternatif.

Fig. 2.



L'application du relais polarisé aux courants alternatifs n'est pas nouvelle: il existe plusieurs redresseurs de courant basés sur son emploi et M. Villard en fait usage dans son interrupteur à mercure; ce qu'il y a de nouveau dans l'appareil Carpentier, c'est la combinaison de l'interrupteur à rupture brusque avec le relais polarisé.

La construction de l'appareil est simple : entre les branches d'un aimant en U (*fig. 2*), se trouve placé un électro dont le noyau est feuilleté; la palette mobile s'appuie, à l'extrémité du noyau, dans une rainure triangulaire qui lui permet d'osciller sans se déplacer; deux légers ressorts, parallèles à la palette, la maintiennent appliquée dans sa rainure. Les branches de l'aimant sont terminées par des pièces polaires en fer traversées par des vis en fer également; ces vis peuvent être rapprochées de la palette de façon à régler l'attraction exercée sur celle-ci.

En face de la palette se trouve le ressort de contact, fixé sur un plot de laiton et muni d'un grain de platine sur lequel vient appuyer l'extrémité platinée de la vis de réglage. La longueur du ressort est telle que la palette vient frapper sur son extrémité et provoque la rupture brusque du contact avec la vis de réglage. Ce choc ne peut évidemment se produire que dans un sens du mouvement, or, comme le mouvement de la palette est commandé par le sens du courant, la rupture se produit toujours sur la même phase du courant alternatif.

L'électro qui polarise la palette a un circuit à fil fin, placé en dérivation sur le courant alternatif, et un circuit à gros fil, qui est en série avec la bobine. Grâce à cette combinaison, aux vis de fer et à la vis de réglage, on peut régler les choses de telle sorte que la rupture se produise toujours au moment du maximum d'intensité. Le réglage est purement expérimental, il se fait en observant le courant secondaire de la bobine : étincelles, décharge dans les gaz, etc., et en agissant sur les vis de façon à obtenir les meilleurs résultats avec le minimum d'étincelles à l'interrupteur.

Comme tous les interrupteurs à contact sec cet appareil ne peut fonctionner que sur des voltages inférieurs à 30 ou 40 volts; pour l'utiliser sur les circuits d'éclairage, il faut donc réduire la tension à cette valeur, au moyen d'un petit transformateur. Dans l'appareil représenté par la figure 2, le transformateur est dans le socle, il est suffisant pour alimenter des bobines donnant jusqu'à 25^{cm} ou 30^{cm} d'étincelles.

H. ARMAGNAT.

LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES DE LA LIGNE PARIS-JUVISY (1).

(SUITE ET FIN.)

MATÉRIEL ROULANT. — Le matériel roulant primitivement en fonction depuis l'électrification de la ligne jusqu'à la gare d'Austerlitz se composait de 8 locomoteurs à 4 moteurs (*fig. 24*) de rapport d'engrenage égal à 4,10. Ces 8 machines sont encore en fonctionnement, mais le rapport d'engrenage a été modifié : de 4,10 on l'a porté à 2,23, une plus grande vitesse devenant nécessaire pour l'exploitation. Les premiers moteurs ayant été très largement prévus, cette transformation n'a pas nui à leur bon fonctionnement. Les locomoteurs sont constitués par une caisse recevant le contrôleur, les résistances de démarrage et compresseurs d'air, et reposant sur deux bogies. Chaque bogie porte 2 moteurs; la suspension

entre les boîtes à graisse et la traverse du pivot de.

Fig. 24.



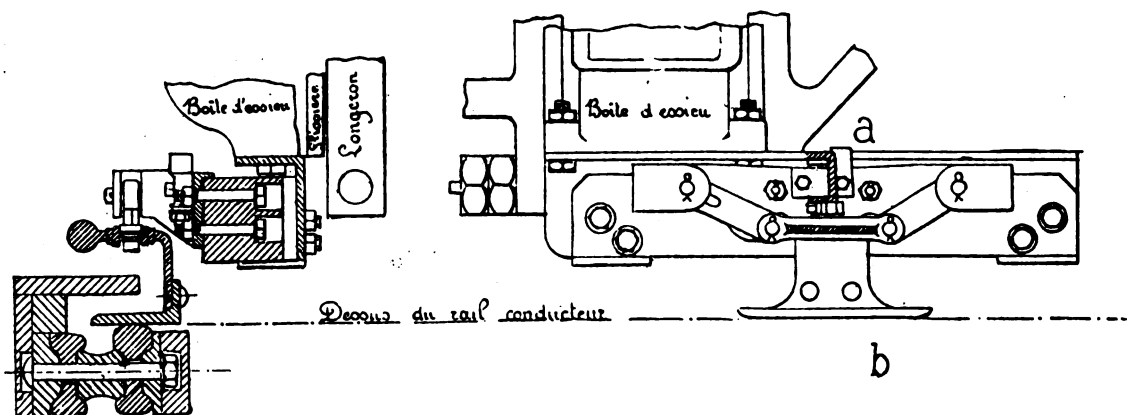
(1) Voir les précédents articles : t. II, 30 déc. 1904, p. 321; t. III, 15 janv. et 30 mars 1905, p. 5 et 161.

bogie est faite par un double système de ressorts placés dans deux plans perpendiculaires ⁽¹⁾.

La cabine du machiniste placée au centre mesure 3^m de longueur sur 2^m, 71 de largeur. Elle

est vitrée sur toutes ses faces. Il y a 2 pompes à air dont la mise en marche et l'arrêt sont produits automatiquement par la pression du réservoir. Le courant est capté au moyen de 4 frotteurs (*fig. 25*).

Fig. 25.



Pour ceux-ci une masse en fonte permet de faire que le centre de gravité se trouve dans le plan de suspension. Les frotteurs ont dû en effet être profilés de façon spéciale pour s'engager dans l'ouverture latérale laissée libre pour la protection du troisième rail dans les gares.

Les bogies sont équipés avec des moteurs GE 65 pouvant développer chacun en marche continue de 1 heure 230 chevaux avec surcharge possible de 50 pour 100 pendant 5 minutes ⁽²⁾.

⁽¹⁾ Les principales données de ces machines sont les suivantes :

Poids total : 50^t.

Longueur totale (hors tampons).....	10,609 ^m
Largeur.....	2,918
Hauteur au-dessus des rails.....	3,891
Empattement des bogies.....	2,488
Distance entre les axes des bogies.....	4,877
Diamètre des roues.....	1,245

Effort de traction maximum : 10000^{kg}
soit 2500^{kg} par essieu moteur.

Effort de traction normal : 6000^{kg}
soit 1500^{kg} par essieu moteur.

⁽²⁾ Les principales caractéristiques de ces moteurs sont :

Poids total avec engrenages et carter : 9850^{kg}.

Diamètre extérieur de l'induit.....	597 ^{mm}
Diamètre des tôles à l'intérieur du noyau.....	259
Longueur du noyau.....	304,8

La figure 27 donne les courbes caractéristiques de ces moteurs.

La régulation est opérée au moyen d'un contrôleur série parallèle à soufflage permettant la manœuvre de courant pouvant atteindre 2000 ampères dans les périodes de démarrage. L'appareil comprend aussi un inverseur de changement de marche. On a de plus adjoint un commutateur permettant de coupler chaque groupe des moteurs d'un même bogie en série ou en parallèle. Le

Nombre d'encoches.....	55
Largeur des encoches.....	14,9
Hauteur.....	42
Diamètre du collecteur.....	508
Largeur couverte par les balais.....	245
2 lignes de balais (4 balais par ligne)	
Section d'un balai.....	10 ^{cm²} ,8
Section totale offerte par le courant. 4 × 10,8 =	43 ^{cm²} ,2
Épaisseur de l'entrefer.....	9 ^{mm} ,5

La section du noyau inducteur est de 775^{cm²}. Les pièces polaires sont feuilletées et rapportées.

La carcasse inductrice forme un seul bloc; les boîtes des paliers sont rapportées de part et d'autre et l'induit sort latéralement.

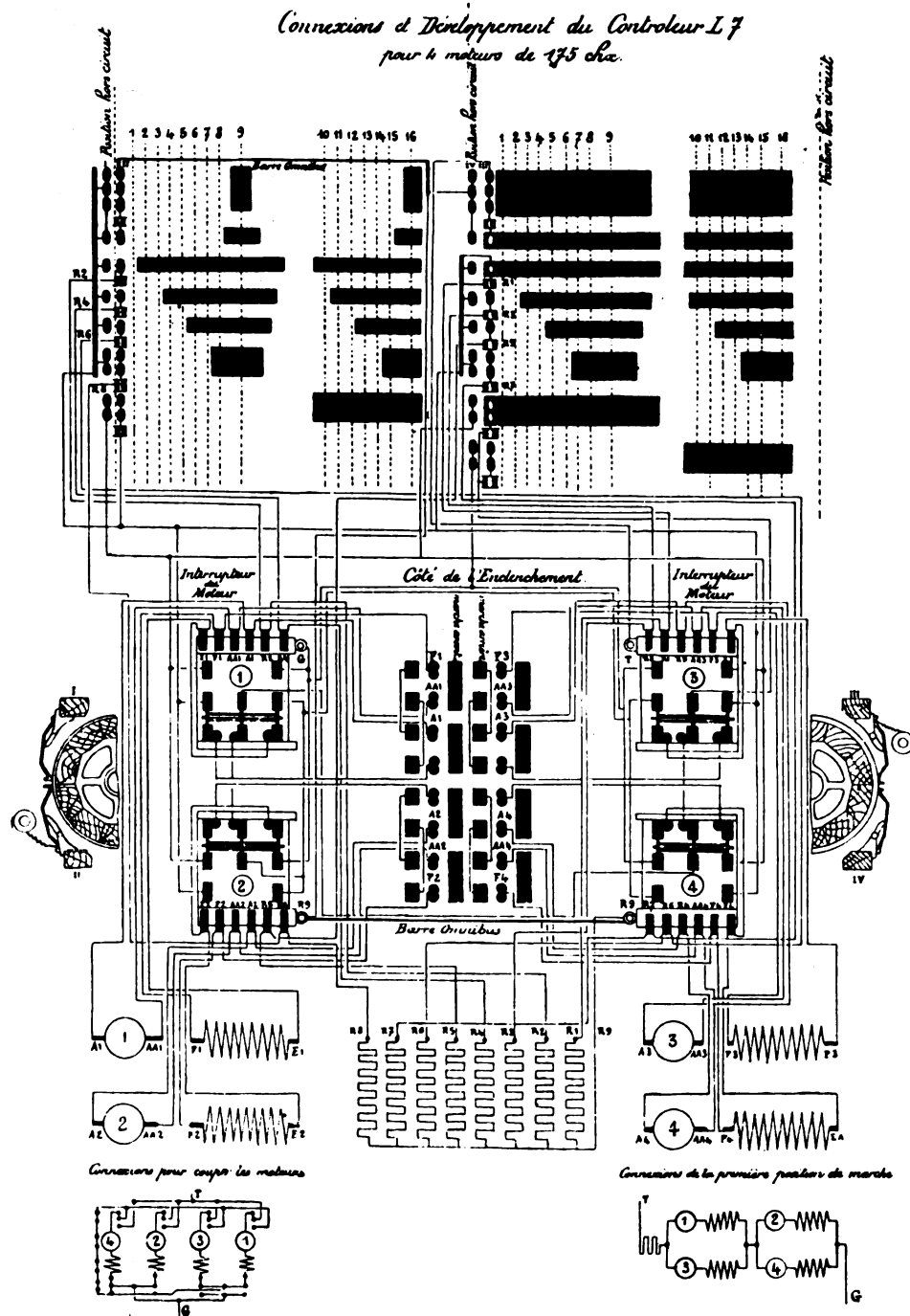
Les engrenages sont en acier taillé, ils tournent à bain d'huile dans un carter en fonte.

Les rendements y compris l'engrenage atteignent les chiffres suivants :

Sous 390 ampères	86	pour 100
» 300	»	87
» 200	»	86

couplage parallèle est réalisé habituellement. On dispose donc des marches sans résistances suivantes : 1° les 4 moteurs en série (exceptionnel); 2° les moteurs groupés par deux en parallèle, les

Fig. 26.

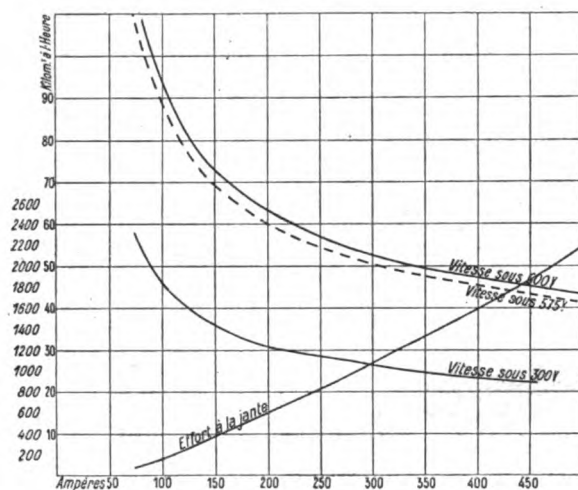


deux groupes étant en série par le contrôleur; 3° les 4 moteurs en parallèle.

La figure 26 donne le schéma des connexions du contrôleur. Chaque cabine comporte en outre un

disjoncteur automatique, un interrupteur ordinaire à rupture brusque, un voltmètre 700 volts, un ampèremètre 2000 ampères, un compteur.

Fig. 27.



Moteur GE, 65.
Locomoteur E.
Rapport d'engrenage : 2,23.
Diamètre des roues motrices : 1^m, 245.

Nouveaux locomoteurs. — L'extension de la traction électrique jusqu'à Juvisy a nécessité la mise en service de 3 locomoteurs nouveaux et de 5 automotrices.

Les nouveaux locomoteurs (*fig. 28*) sont du type fourgon, les cabines de manœuvre placées aux deux extrémités et le matériel de contrôle et de mesure est répété en double ⁽¹⁾.

Les moteurs sont du type GE 65 et identiques à ceux des premiers locomoteurs, le rapport d'engrenage est le même : 2,23.

Les résistances de démarrage sont placées dans les angles du fourgon ainsi que les 2 compresseurs d'air. Les câbles de connexion passent dans des

⁽¹⁾ Les principales données de ces machines sont les suivantes :

Poids total :	53 ^t .
Longueur du châssis.....	16,211 m
Longueur totale hors tampons.....	17,371
Largeur intérieure.....	2,700
Largeur intérieure toutes saillies comprises....	3,100
Hauteur au-dessus du rail.....	3,872
Empattement des bogies.....	2,388
Distance entre axes des bogies.....	5,639
Diamètre des roues.....	1,245

gaines métalliques sous le plancher, les machines remorquent des trains de 200^t.

Le prix de ces locomoteurs est de 108 000^{fr} chacun.

Automotrices. — En outre des locomoteurs la Compagnie a mis en exploitation 5 automotrices, 4 sont constamment en service, 1 sert de rechange ⁽¹⁾. On constitue avec ce matériel des trains de 9 voitures (y compris les 2 motrices). Le poids est de 170^t et le train contient 520 places. Une des automotrices se place en tête, l'autre en queue et les trains font la navette sans manœuvre spéciale aux extrémités, entre la gare d'Orsay et Juvisy leur terminus ⁽²⁾.

Les cabines de manœuvre placées aux deux extrémités sont entièrement métalliques et le reste de la voiture est occupé par 3 compartiments de troisième classe avec 32 places assises et un compartiment de bagages. Ceux-ci sont constitués en bois ignifugé. Le plancher est recouvert d'un enduit incombustible à base d'amiante et est doublé au-dessous par une tôle.

Chaque bogie est équipé par 2 moteurs GE 66 pouvant développer chacun 125 chevaux en marche continue pendant 1 heure. Le rapport d'engrenage adopté pour la commande de l'essieu moteur est 3,08. Les moteurs sont de forme très compacte et soigneusement isolés au mica, de sorte que l'incombustibilité est pour ainsi dire absolue. Le poids y compris les engrenages est de 1850^{kg}. La figure 29 donne les principales courbes caractéristiques de ces moteurs.

⁽¹⁾ Les principales dimensions sont les suivantes :

Longueur du châssis.....	16,200 m
Longueur hors tampons....	17,360
Largeur intérieure.....	2,540
Largeur extérieure.....	3,100
Hauteur totale.....	3,808
Empattement.....	1,981
Distance entre axes des bogies	12,400
Diamètres des roues.....	1,016
Poids.....	45 ^t

Le prix de 5 automotrices est de 380 000^{fr}.

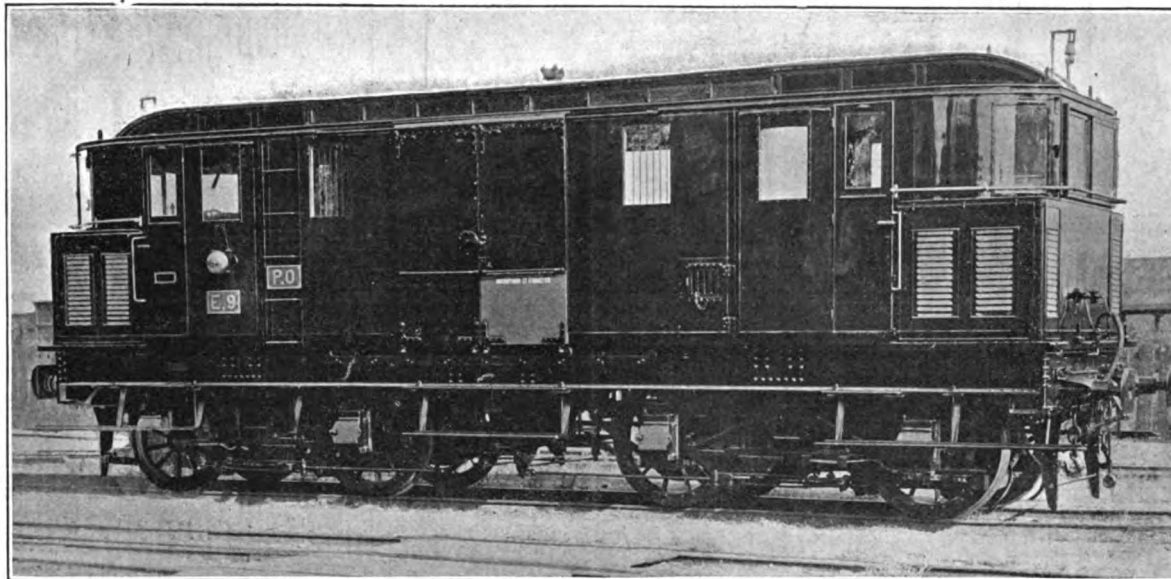
Les voitures sont chauffées électriquement au moyen de plaques Parvillée.

⁽²⁾ La Compagnie d'Orléans se propose pour la saison prochaine d'augmenter le poids de ces trains qui serait porté à 300^t. De nouveaux locomoteurs du dernier type de la General Electric Co à commande par unités multiples seront fournis, et les moteurs GE 66 remplacés par de plus puissants.

La commande des automotrices est effectuée par le système *multiple unit* Thomson Houston qui a été décrit récemment ici par M. Jacquin ⁽¹⁾.

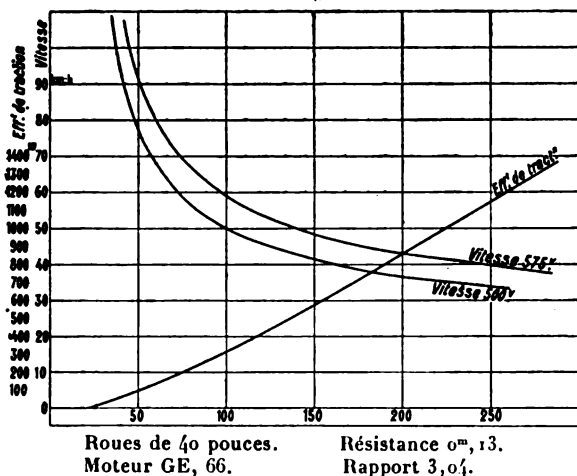
Rappelons que l'envoi du courant dans les résistances de démarrage et les moteurs en parallèle d'un même bogie est fait non pas directement au

Fig. 28.



moyen d'un contrôleur traversé par le courant total de service, mais s'opère sur chaque voiture au moyen d'un certain nombre d'interrupteurs

Fig. 29.



manœuvrés par des relais dits *contacteurs*. Ces relais sont parcourus par un courant de faible intensité réglé par un contrôleur de petites dimensions. Un dispositif spécial permet de blo-

quer le contrôleur toutes les fois que le courant dépasse une limite fixée, le contrôleur passant automatiquement à la touche suivante quand cette intensité s'est abaissée au-dessous de la valeur fixée pour être à nouveau bloqué et ainsi de suite.

Indépendamment de ce démarrage *automatique* obtenu en plaçant immédiatement la manette à la position plein parallèle, la mise en route ordinaire à la main peut être réalisée par le wattman.

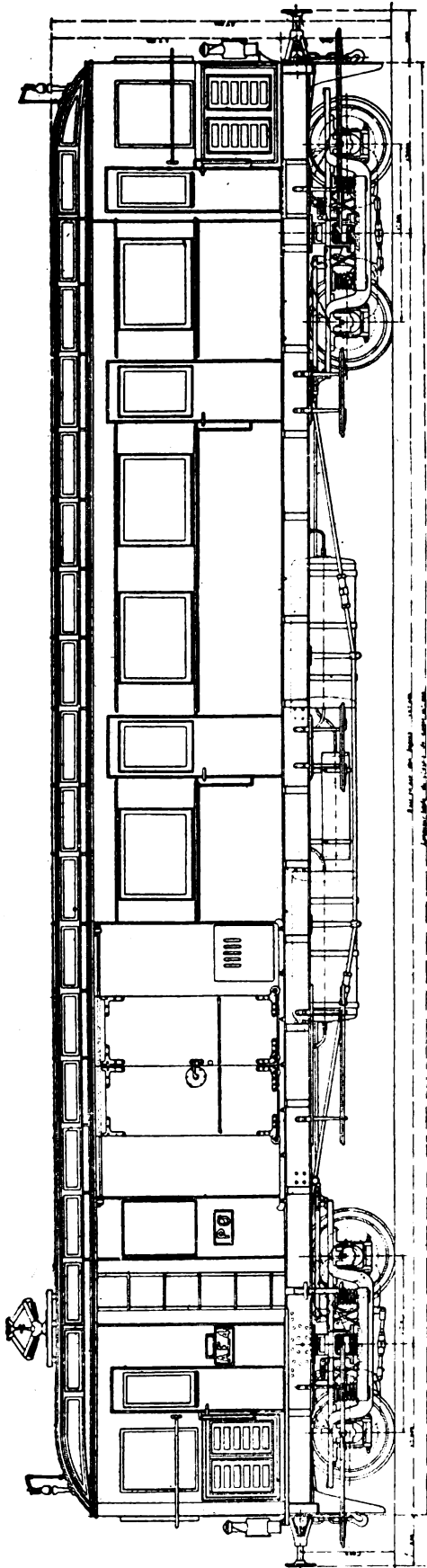
Le renversement de la marche est réalisé par un inverseur commandé également par électros de relais, et sous la dépendance, à distance, du contrôleur au moyen d'une manette auxiliaire enclenchée avec la manette principale de cet appareil.

Un nombre quelconque de voitures pourvues du système peuvent être utilisées ensemble et la commande de leurs moteurs est réalisée avec un synchronisme rigoureux ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ La Revue électrique, t. III, 15 mai 1905, p. 260.

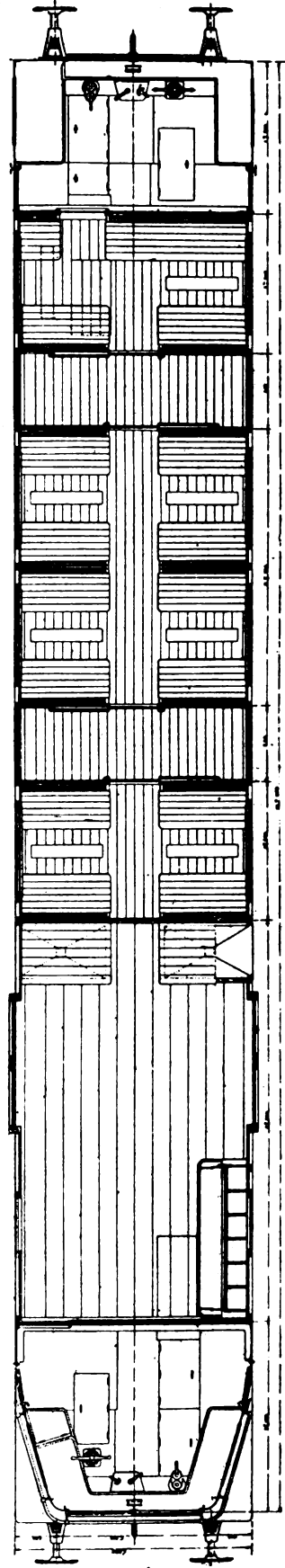
⁽¹⁾ Il y a lieu de souhaiter que la Compagnie en développant l'emploi de ce système profite de tous les avantages de la traction électrique pour un service de banlieue.

Fig. 30.



Automotrice électrique de la ligne Paris-Juvisy : Élévation.

Fig. 31.

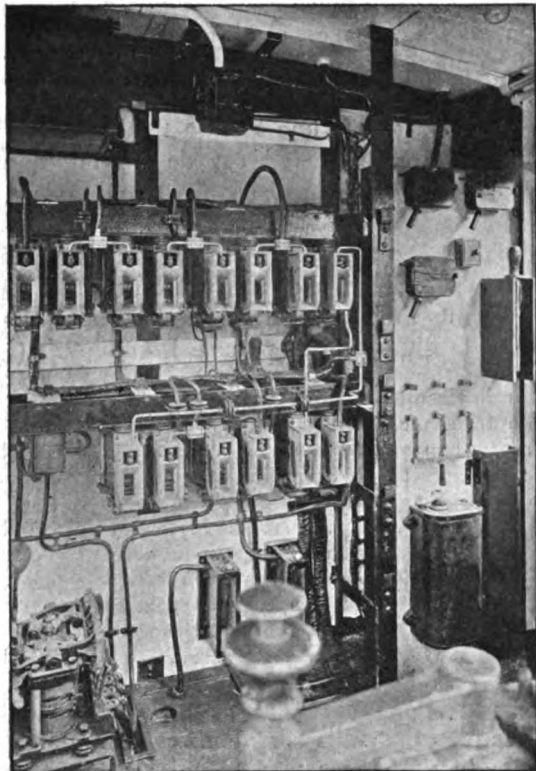


Automotrice électrique de la ligne Paris-Juvisy : Plan.

Les figures 30 et 31 donnent l'élévation et le plan de l'automotrice.

La figure 32 donne une vue de l'intérieur d'une

Fig. 32.



des cabines d'une automotrice avec les *contacteurs*.

EXPLOITATION. — Consommation d'énergie d'un train. — L'exploitation se fait d'une façon régulière depuis le commencement de juillet 1904. Elle a seulement été interrompue sur le prolongement d'une façon momentanée et pendant fort peu de temps par suite de chute de neige et de verglas, le service ayant été alors assuré par locomotives à vapeur. On trouvera ci-dessous les principaux traits caractéristiques de la marche et de la consommation d'énergie d'un train de 150'.

Tension moyenne en ligne.....	575 volts
Durée du trajet (Austerlitz-Juvisy).....	1400 secondes envir.
Durée approximative de l'application du courant.....	600 secondes
Distance.....	19038 ^m
Énergie consommée : aller.....	340000 kw.-sec.
Énergie consommée : retour....	289000 kw.-sec.

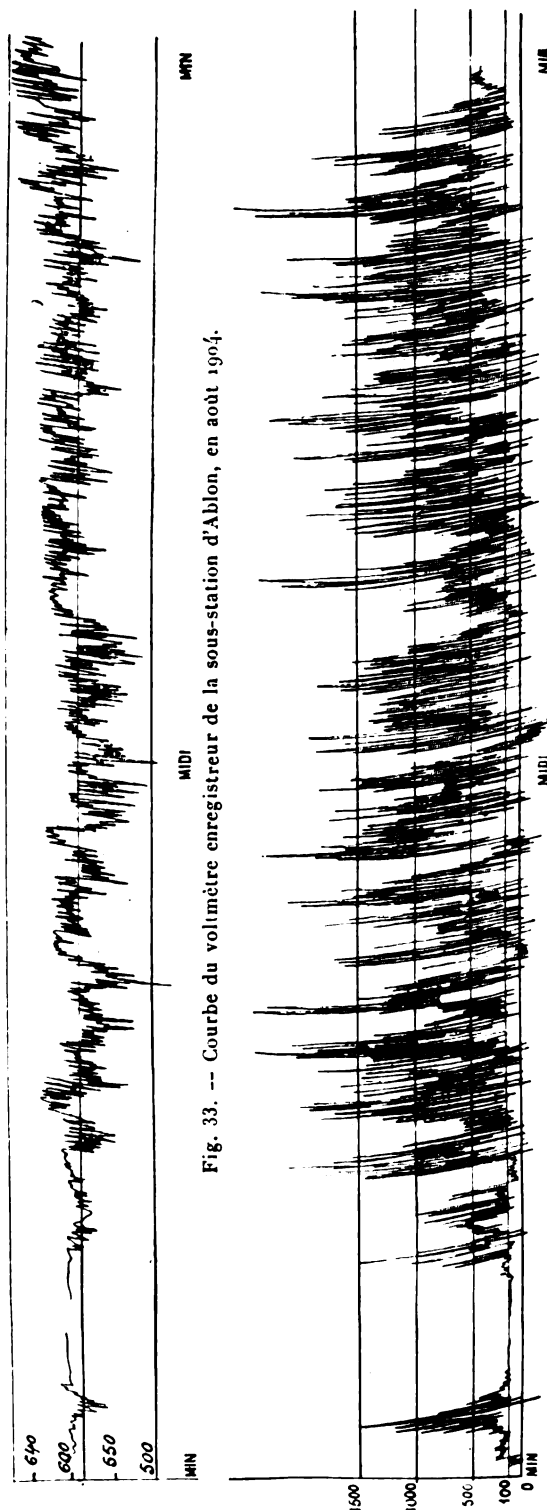


Fig. 33. — Courbe du voltimètre enregistreur de la sous-station d'Ablon, en août 1904.

Fig. 34. — Courbe de l'ampèremètre enregistreur de la sous-station d'Ablon, en août 1904.

Consommation d'énergie par tonne-kilomètre :

Aller.....	23 watts-heures
Retour.....	28 watts-heures (1)

Les figures 33 et 34 qui donnent les courbes du volt-mètre et de l'ampèremètre enregistreurs du tableau de traction de la sous-station d'Ablon, montrent combien la consommation d'énergie est variable d'un instant à l'autre.

Essais de résistance électrique des rails et d'isolement. — Des essais ont été entrepris depuis la mise en service afin de déterminer la résistance du troisième rail et du circuit de retour constitué par les 8 files de rails de la voie normale réunis en parallèle.

(1) De nombres publiés par M. P. Dubois, ingénieur en chef des services électriques de la Compagnie d'Orléans, dans le *Bulletin de la Commission internationale du Congrès des Chemins de fer*, il résulte que, pendant l'année 1903, c'est-à-dire antérieurement à l'extension, la dépense moyenne de traction par kilomètre de train (152¹ environ) a été de 0^{fr},82687 sans compter les frais d'octroi. Ce chiffre se décompose ainsi :

	fr
Frais de dépôt.....	0,01656
Personnel de conduite.....	0,31132
Énergie électrique.....	0,40905
Graissage.....	0,00972
Consommations diverses....	0,00502
Entretien, réparations.....	0,07500
	<u>0,82687</u>

Le prix du kilowatt-heure à la sortie des sous-stations a été de 0^{fr},0673 se décomposant de la façon suivante :

Prix de revient du kilowatt-heure à l'usine.

	fr
Personnel.....	0,0129
Combustible.....	0,0222
Graissage.....	0,0017
Consommations diverses....	0,0027
Entretien, réparations.....	0,0007
	<u>0,0403</u>

Prix de revient du kilowatt-heure à la sortie des sous-stations.

	fr
Énergie : $\frac{0,0403}{0,782}$	0,0515
Personnel.....	0,0073
Graissage.....	0,0001
Entretien.....	0,0047
Frais généraux.....	0,0033
Total.....	<u>0,0673</u>

Le troisième rail dont les dimensions ont été précédemment données offre une section transversale de 132^{cm²} au passage du courant, la résistivité de l'acier extra-doux qui le constitue est de 12 microhms-centimètres, ce qui donne pour valeur de la résistance kilométrique, calculée non compris les éclissages, 0,0091 ohm.

Chaque rail de roulement présente une section de 48^{cm²}, soit pour les 8 rails de la voie normale réunis en parallèle une section totale de 384^{cm²}. La résistivité du métal est de 18 microhms-centimètres, soit une résistance kilométrique de 0,0047 ohm.

Les essais qui ont été effectués de nuit pendant l'arrêt du service, en envoyant du courant dans les circuits indiqués ci-après et mesurant l'intensité de la différence de potentiel, ont donné (1) :

Pour le circuit constitué par les deux files du troisième rail mises en série par un raccordement à Juvisy.....	0,368 ohm
Pour le circuit formé par l'un quelconque des troisièmes rails et retour par les voies normales.....	0,212 ohm
Pour le circuit normal formé par les deux rails de prise de courant réunis en parallèle par les interrupteurs appropriés précédemment décrits, retour par les voies normales.....	0,123 ohm

Comparés aux calculs déduits des résistivités et sections des rails ces nombres indiquent que la conductibilité est très satisfaisante et que les éclissages sont très soignés et ne majorent que de fort peu la valeur théorique de la résistance.

Le courant de perte à la terre a été trouvé de 85 ampères sous 600 volts.

DÉPENSES D'ÉTABLISSEMENT. — L'extension de la traction électrique jusqu'à Juvisy s'est traduite par une dépense de 2 200 000^{fr} pour le matériel purement électrique, le matériel de traction et la canalisation.

(1) Ces mesures ont porté uniquement sur la portion de voie s'étendant depuis le branchement du pont de Tolbiac (usine d'Ivry) jusqu'à l'extrémité sud de la gare de Juvisy sur une longueur de 17 500^m.

P. BOURGUIGNON.

ANALYSES ET COMPTES RENDUS (1).

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

L'élément au charbon; un couple au gaz tonnant,
par F. HABER et L. BRUNER (Mémoire présenté au
Congrès international électrique de Saint-Louis).

I. *Introduction.* — Lorsqu'on plonge du fer et du charbon dans de la soude fondue, on forme un couple de force électromotrice voisine de 1 volt et dans lequel le charbon agit comme électrode soluble. C'est la pile désignée le plus souvent sous le nom de *pile de l'Américain Jacques*.

Liebenow et Strasser (2) ont montré que le fer plongé dans l'alcali caustique en fusion n'agit pas comme un métal noble.

Il s'attaque avec dégagement d'hydrogène. Après un plus long traitement avec une température croissante, il devient passif, tandis que la tension s'élève à 1,12 volt. Ces mêmes auteurs ont constaté que l'alcali en fusion, qui au début est verdâtre, devient brun et ils pensent qu'il doit se former là un dérivé du fer très oxydé (FeO^x) qui revient à un degré inférieur d'oxydation (FeO^x) sous l'influence des gaz réducteurs ou par le courant électrique et peut se régénérer à nouveau par l'oxygène de l'air.

Liebenow et Strasser étudiant l'électrode-charbon l'ont toujours trouvée active et donnant pour le potentiel mesuré avec l'électrode normale la valeur

$$(1) \quad E = - [1,32 + 0,003266(t - 500)] \text{ volt.}$$

Ils admettent que cette électrode travaille sous formation réversible d'ions-carbone. Pour la force électromotrice totale de l'élément, ils donnent la formule

$$(2) \quad E = 0,815 + 0,00105(t - 500) \text{ volt.}$$

D'après cette hypothèse, les réactions chimiques

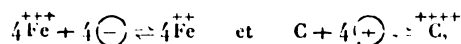
(1) Les listes des brevets nous sont communiquées par M. H. Josse, ingénieur-conseil en matière de propriété industrielle, 17, boulevard de la Madeleine, Paris (1^{re}). Les brevets mentionnés sont ou récemment déposés (en France), ou récemment acceptés (à l'étranger); la date indiquée (ou l'année seulement pour les brevets anglais) est celle du dépôt; les abréviations adoptées ont les significations suivantes: BF, brevet français; BP (British Patent), brevet anglais; DRP (Deutsches Reichs Patent), brevet allemand; USAP (United States American Patent), brevet américain.

(2) *Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. III, p. 353, 1897.

(3) D'après les recherches de F. Haber et W. Pick (1900 et 1901) sur les degrés d'oxydation du fer dans les alcalis, il est clair que FeO^x ne peut être que $\text{Fe}^{2+}\text{O}^{2-}$ et $\text{FeO}^{(x-2)}$ que FeO et l'équation précédente se transforme comme suit:

$$(4) \quad 2\text{Fe}^{2+}\text{O}^{2-} + \text{C} + 2\text{NaOH} \rightleftharpoons 4\text{FeO} + \text{CO}^2\text{Na}^2 + \text{H}_2\text{O},$$

les actions aux électrodes se traduisant par



les ions-carbone étant en équilibre avec les ions-oxygène ou hydroxyle et les ions CO^{2-} , ces derniers étant aussi en équilibre avec les ions-sodium et le carbonate alcalin non dissocié.

dans l'élément se traduiraient par l'équation

$$(3) \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{FeO}^x + \frac{x}{2}\text{C} + x\text{NaOH} \rightleftharpoons \\ \rightleftharpoons \text{FeO}^{(x-2)} + \frac{x}{2}\text{Na}^2\text{CO}^2 + \frac{x}{2}\text{H}_2\text{O}. \end{array} \right.$$

Le nickel et, jusqu'à un certain degré, l'argent présentent des phénomènes semblables à ceux donnés par le fer (3).

C'est donc à Liebenow et Strasser que l'on doit la première réfutation des vieilles explications thermoelectriques et la preuve que le métal acquiert une passivité dans la soude fondue, puis se transforme en oxyde élevé. L'examen plus approfondi des phénomènes exige les recherches électrochimiques et chimiques auxquelles passent les auteurs.

II. *Actions chimiques à l'électrode-fer.* — La couleur verdâtre que l'on constate lorsqu'on fond la soude dans un vase en fer est due, comme l'a montré Haber, au manganate de sodium. Il est rare en effet de trouver une soude ne renfermant pas de manganèse. D'autre part, il y a toujours de petites quantités de manganèse dans le fer; la soude fondue attaquant superficiellement le fer, le manganèse se dissout en formant du manganate en présence de l'oxygène de l'air.

La présence du manganate étant démontrée, on peut se demander si la tension propre de l'électrode-fer est due à ce corps ou à une combinaison soluble du fer.

Pour élucider ce point, les auteurs ont étudié la différence de potentiel entre le fer et l'électrode-charbon et aussi entre le fer et une électrode supplémentaire en faisant fondre la soude dans un creuset d'acier jusqu'au-dessus de 500° C. ou encore en se servant d'un creuset d'argent. Dans tous les cas, le

fer se montrait d'abord très peu noble et indiquait un faible potentiel. En même temps, il était fortement attaqué. Après refroidissement, en dissolvant la soude dans l'eau, il restait de l'oxyde de fer. Celui-ci qui, d'après Pauli, n'est pas soluble dans la soude, se tient en suspension dans le bain et le colore en brun.

Comme dans cette expérience on n'atteignait pas la tension élevée de l'élément au charbon, on peut en conclure que ce n'est pas à un degré particulier d'oxydation du fer qu'est dû le potentiel élevé de celui-ci. La présence d'une trace de manganate n'est pas non plus suffisante pour provoquer immédiatement la valeur élevée du potentiel.

Ainsi, en additionnant d'une grande quantité de manganate de sodium, il faut encore 15 à 20 minutes avant d'atteindre le potentiel élevé pour l'électrode-fer, ce potentiel s'accroissant lentement.

L'expérience suivante fait comprendre la passivité du fer : on fond du salpêtre dans le creuset d'acier, on vide ensuite et après lavage on examine la surface du creuset. On trouve alors que le métal est recouvert d'une croûte sombre, sans doute oxydée, qui est très difficilement attaquable puisque les acides chlorhydrique et nitrique étendus ne l'enlèvent pas. Si, dans un creuset ainsi préparé, on fond de la soude renfermant du manganèse, on constate que l'électrode-fer atteint immédiatement son potentiel élevé. Si au contraire on réduit la croûte oxydée avant l'introduction de la soude, le fer redevient actif.

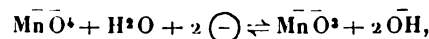
Une première condition de passivité est par conséquent la pellicule d'oxyde qui sépare le fer de la soude. Une telle pellicule se forme aussi par un long traitement avec la soude renfermant du manganèse ; mais elle est alors moins épaisse que par le traitement au salpêtre.

Si la passivité est atteinte plus facilement lorsque la température est élevée, dans le cas de la soude, c'est que la soude fondue est en réalité une solution d'un peu d'eau dans la soude. Le Blanc et Brode ont montré que par la polarisation cathodique de la soude parfaitement anhydre il n'y a pas de dégagement d'hydrogène. Dans la soude anhydre, le fer ne donne pas lieu à un dégagement d'hydrogène et la pellicule d'oxyde se forme beaucoup plus facilement à sa surface.

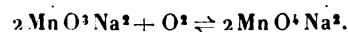
Si dans un creuset recouvert de la couche d'oxyde formé par le salpêtre, on utilise une soude exempte de manganèse, le fer ne devient pas plus actif ; mais le potentiel reste plus faible et assez indéterminé.

On peut dire, par conséquent, que pour amener le fer dans son état parfait il faut réaliser deux conditions : présence de la couche oxydée sur le fer et de quantités appréciables de manganate dans la soude.

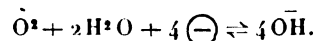
Le fer recouvert de sa couche d'oxyde agit comme électrode-oxygène dans la soude renfermant du manganèse. Le manganate se réduit à l'état de manganite, puis se régénère au contact de l'oxygène de l'air. Le potentiel de l'électrode est déterminé par la réaction



et l'équilibre



De ces deux équations on déduit



On comprend ainsi que le fer puisse être remplacé dans la soude renfermant du manganate par une autre électrode indifférente, et cela sans changement de potentiel, ce qui arrive en prenant le platine.

III. *Mesures à l'électrode-air.* — Les auteurs ont employé ici, comme électrode supplémentaire, la disposition suivante : Une baguette de soude caustique pure plonge dans la soude en fusion et son extrémité supérieure, engagée dans un tube de verre, est en contact avec une solution de soude. Cette électrode supplémentaire était utilisée avec un électromètre capillaire. La température était mesurée à l'aide d'un thermo-élément Le Chatelier.

Les nombres donnés ci-dessous indiquent le potentiel de l'électrode de recherche dans le bain de soude fondue par rapport au mercure de l'électrode décinnormale. En employant comme électrode un fil de platine poli plongeant dans la soude caustique renfermant du manganèse, on trouve

Température en degrés centigrades.	Tension mesurée avec l'électrode décinnormale.
	volt
312°	— 0,265
336	— 0,294
360	— 0,314
388	— 0,333
412	— 0,353
472	— 0,431
532	— 0,472

La teneur en manganèse n'est pas déterminée, car cela n'est pas nécessaire. Cette teneur n'influe pas, en effet, sur la tension. Ainsi, dans une expérience, on ajoutait successivement à 50^g de soude caustique pure, d'abord 3^{mg}, puis 15^{mg}, et enfin 1^g de permanganate. Aussitôt le dégagement d'oxygène terminé et le permanganate transformé en manganate, on obtenait pour la tension les valeurs suivantes :

		Tension mesurée avec l'électrode décimale.	
		à la plus basse température.	à la plus haute température.
Après la 1 ^{re} addition.....		— 0,30	"
" 2 ^e ".....		— 0,30	— 0,35
" 3 ^e ".....		— 0,30	— 0,35

qui montrent bien que la teneur en manganèse est sans influence. On constatait aussi que, dans tous les cas, le fer passif donnait la même tension que le platine poli.

Dans une autre expérience, effectuée dans la soude verte renfermant du manganate, on faisait passer un courant d'hydrogène pour réduire le manganate, puis on ajoutait de l'oxalate de sodium qui, se transformant en carbonate et hydrogène, achevait la réduction. Le potentiel du platine poli, mesuré comme ci-dessus, baissait à — 1,40 volt et la soude était devenue tout à fait blanche. On laissait le bain à l'air à la température de 350° C., et l'on suivait les variations de la tension du platine. On trouvait les valeurs suivantes :

Temps en minutes depuis le début.	Tension en volts.
0	— 1,40
30	— 0,64
45	— 0,52
60	— 0,53
75	— 0,48
115	— 0,47
135	— 0,39
150	— 0,36
195	— 0,31

et la soude reprenait sa couleur verte initiale.

Lorsqu'on utilise de la soude pure que possible et ne renfermant que des traces de manganèse, on trouve pour le potentiel une valeur plus élevée négativement; mais par des échauffements et refroidissements alternatifs le potentiel diminue de plus en plus, négativement, et finit par atteindre sa valeur exacte. Le phénomène s'explique par la présence de traces d'impuretés oxydables de nature organique, qui finissent par être brûlées en acide carbonique. Dans une de ces recherches, on prenait une aiguille à tricoter recouverte de fer électrolytique (au bain d'oxalate de fer ammoniacal) et rendue passive par trempage dans un bain de salpêtre. L'aiguille se montrait après cela encore active et sa tension mesurée à 350° C. comme précédemment était de — 1,49 à — 1,52 volt. En la retirant du bain, on constatait qu'elle s'était recouverte d'oxyde de fer. Le fer s'était donc oxydé avec dégagement d'hydrogène. Le potentiel — 1,49 à — 1,52 volt n'est pas autre chose que celui de l'hydrogène, et la différence de cette valeur avec celle

obtenue précédemment pour l'électrode-air représente la force électromotrice de la chaîne gaz tonnant dans la soude caustique.

En plongeant à nouveau l'aiguille dans le salpêtre fondu on la rendait complètement passive. Son potentiel, dans la soude à 350° C., atteignait — 0,59 volt mais baissait à — 0,30 volt après échauffements et refroidissements successifs. Sur la partie de la soude adhérente à l'aiguille après sa sortie du bain, on reconnaissait la présence du manganèse.

IV. *Réactions et mesures relatives au charbon dans la soude caustique.* — Si l'hypothèse de Liebenow et Strasser est exacte et si, par conséquent, l'électrode-charbon fournit des ions-carbone, l'élément doit travailler dans les mêmes conditions en remplaçant l'alcali caustique par le carbonate. L'expérience montre qu'il n'en est pas ainsi; en plongeant dans du carbonate de sodium ou de potassium en fusion et renfermant du manganèse une électrode-fer rendue passive par le traitement au salpêtre et un charbon d'arc, le fer ne se montre pas positif, mais négatif, et la tension est de 0,15 à 0,09 volt. Si, dans ces conditions, on ajoute une petite quantité de soude caustique, la force électromotrice baisse, s'inverse et le fer devient l'électrode positive (les auteurs ont obtenu + 0,16 comme force électromotrice dans ce cas). On peut expliquer ce fait en admettant que l'hydrogène combiné, qui existe dans la soude et manque dans le carbonate, est indispensable pour l'activité de l'élément. Les auteurs avaient pensé tout d'abord que, par suite d'une action locale, le charbon, en présence de l'oxygène de l'air, se transformait en oxyde de carbone qui donnait du formiate au contact de la soude, ce formiate pouvant être l'agent déterminant le potentiel en se transformant en carbonate par une oxydation réversible. Mais cette opinion ne se vérifie pas et ne résiste pas à l'étude des potentiels obtenus par addition de formiate dans la soude.

Le potentiel que présente l'électrode-charbon dépend de son attaquabilité. Si l'on porte un charbon dans un bain de soude à 500° C., de façon à avoir un vif dégagement gazeux, on obtient un potentiel voisin de — 1,5 volt et qui ne varie pas par le refroidissement tant que le dégagement gazeux se maintient. Le dégagement diminuant, le potentiel devient plus faible négativement. Le gaz est de l'hydrogène et le potentiel — 1,5 volt est celui de cet hydrogène. Le dégagement est d'autant plus faible que le charbon est plus dense et graphitique. La porosité du charbon augmente la surface d'attaque et favorise le dégagement. Pendant cette expérience, il ne peut être question de formation de formiate, celui-ci ne pouvant exister à la température de 500° C.

Il est à remarquer que, dans un bain renfermant du manganate, il doit se produire une dépolarisation du charbon. Le manganate, sans cesse régénéré par l'oxygène de l'air, diffuse vers le charbon, se réduit au contact de l'hydrogène que celui-ci dégage, puis continue son cycle par l'oxydation à la surface du bain. Le potentiel est déterminé par l'équilibre entre ce phénomène de convection et la vitesse du dégagement d'hydrogène, la valeur limite étant $-1,5$ volt, atteinte presque entièrement avec un vif dégagement gazeux.

Les mesures montrent que l'élément au charbon ne suit pas la formule (2) donnée ci-dessus. La force électromotrice dépend en réalité du charbon, de son attaquant et de son traitement préalable.

Les charbons donnant avec l'électrode supplémentaire la valeur négative la plus élevée dont il est question plus haut présentaient avec le fer passif une différence de potentiel de $0,98$ volt à la température de 500° à 600° C., le bain étant faiblement manganésifère.

En refroidissant, la force électromotrice montait et atteignait $1,15$ volt au point de solidification. La baisse de la force électromotrice lorsque la température croît provient de l'électrode-oxygène qui possède un coefficient de température élevé, tandis que l'électrode-charbon ne subit pas de variation lorsqu'elle est soumise à un fort dégagement d'hydrogène.

Avec des charbons qui ne veulent pas dégager suffisamment de gaz, la force électromotrice reste faible. C'est ainsi qu'un tel charbon ne donnait pour le couple que la valeur $0,57$ volt à 350° C. et seulement $0,75$ volt en poussant la température à 500° pour augmenter le dégagement. Avec une baguette en graphite artificiel on ne dépassait pas $0,67$ volt pour la force électromotrice de la chaîne; encore cette valeur tombait-elle rapidement à $0,38$ volt quand la valeur descendait à 350° C.

V. Nouvelles observations chimiques et mesures sur le charbon, l'oxyde de carbone, le formiate et l'oxalate de sodium. — On sait que le charbon de bois s'attaque dans une solution bouillante de soude caustique concentrée. Les auteurs ont vérifié que le charbon de lampe à arc, pulvérisé et chauffé avec de la soude, dégage également de l'hydrogène; mais ils n'ont pas trouvé d'oxyde de carbone.

Ce dégagement d'hydrogène peut provenir soit d'un restant d'eau dans la soude, soit de condensation de gaz hydrogène et oxygène dans le charbon.

Pour rechercher encore l'action du formiate, les auteurs ont broyé à froid du formiate de sodium avec de la soude caustique; ils ont porté l'ensemble dans un creuset d'argent en additionnant d'un peu d'eau.

Au-dessous de 200° C., alors que le formiate ne se décompose pas encore, ils n'ont obtenu pour le potentiel du platine-platiné que la valeur $-0,955$ volt en mesurant avec l'électrode décinormale. Cette valeur montait à $-1,32$ volt à 350° C. alors que l'eau était évaporée; il se dégageait alors de l'hydrogène, mais on n'atteignait pas $-1,50$ volt parce que ce dégagement n'était pas suffisamment rapide. En continuant à chauffer, la tension baissait car le formiate se décomposait. Dans une autre expérience, on introduisait à l'aide d'un tube de platine poli un courant d'hydrogène dans la soude maintenue au-dessus de son point de fusion; on atteignait alors la valeur $-1,50$ volt pour le potentiel. Après cessation du courant d'hydrogène le potentiel baissait rapidement; mais si à ce moment on ajoutait un mélange de soude et de formiate, le potentiel du tube de platine remontait à $-1,50$ volt tandis qu'un abondant dégagement d'hydrogène se produisait. La réaction peut s'exprimer par

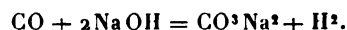


sans formation d'oxalate.

Avec l'oxalate comme avec le formiate, une valeur voisine de $-1,50$ volt n'était atteinte que lorsque ce sel se décompose. L'oxalate doit par conséquent être éliminé également de la série des substances à considérer dans l'étude de l'élément au charbon. L'oxydation réversible en carbonate de ces deux substances ne représente certainement pas l'action qui crée le potentiel.

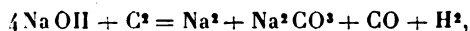
C'est, dans ce cas, le dégagement d'hydrogène dû à la décomposition qui donne le potentiel correspondant à l'hydrogène.

On peut aussi supposer une action directe de l'oxyde de carbone provenant d'une action locale au charbon sur la soude d'après l'équation



Mais en recherchant comme précédemment l'action de l'oxyde de carbone sur le potentiel du tube de platine qui l'amène, on trouve que ce gaz n'agit pas par lui-même, mais seulement par l'hydrogène qu'il fait dégager.

D'après les auteurs il se formerait la réaction suivante



à la température élevée à laquelle on opère. L'oxyde de carbone donne, en présence de l'excès de soude, du carbonate et de l'hydrogène; le sodium est oxydé par le manganate qui va se régénérer en présence de l'oxygène de l'air.

Il résulte de cela que l'élément Jacques au charbon n'a pas d'avenir industriel. Il part en effet de la

soude qui est chère, et en fait du carbonate qui a très peu de valeur et cela pour créer un faible dégagement d'hydrogène. L'intérêt de cet élément réside uniquement dans ce fait qu'il a conduit à l'étude remarquable scientifiquement du couple gaz tonnant à température élevée.

V. *Énergie libre de la formation de l'eau.* —

Les déterminations aux différentes températures donnent les valeurs suivantes :

Température en degrés C.	Électrode-oxygène.	Électrode-hydrogène.	Force électromotrice résultante en volts.
312	—0,265	constant de 1,48 à 1,51	1,24
336	—0,294		1,21
360	—0,314		1,20
388	—0,333		1,17
412	—0,353		1,15
472	—0,431		1,07
532	—0,472		1,03

Le coefficient de température atteint, par suite, 0,0009 volt par degré.

Les forces électromotrices ainsi trouvées sont très voisines des tensions de décomposition en hydrogène et oxygène trouvées pour la soude (hydratée). C'est ainsi que Sacher a trouvé 1,15 à 1,16 volt à 390° C.

En ce qui concerne la variation de l'énergie totale, il y a une différence entre la pile au charbon et le couple de Grove à la température ordinaire. La variation de l'énergie totale est ici la somme de la chaleur de formation et de la chaleur de dissolution d'une molécule d'eau dans la soude. Cette chaleur de dissolution se montre très élevée et la soude en fusion retient fortement la dernière partie d'eau au-dessus de 300° C. De la formule

$$A - T \frac{dA}{dT} = Q$$

les auteurs trouvent, pour la variation de l'énergie totale entre 312° et 412° C., la valeur 81650^{cal}. La chaleur de formation de la vapeur d'eau à cette température étant de 58650^{cal}, il reste 23000^{cal} pour la combinaison de 1^{mol} d'eau avec un excès de soude en fusion dans l'intervalle de température indiqué.

Il est intéressant de comparer l'énergie libre de la chaîne gaz tonnant étudiée ici avec celle de la chaîne de Grove. En intégrant l'équation d'Helmholtz, on obtient une expression représentative de la variation de l'énergie libre des réactions. En remplaçant dans cette expression la tension de l'oxygène par 0,2 atmosphère (le cinquième de la pression atmosphérique) et celle de l'hydrogène par 0,969 atmosphère (d'après Bose), on obtient

$$A = 57\,319 - 2,29T(4,24 + 2,65 \log_{10} T + 2 \log_{10} p_{H_2O}) + 0,00104T^2,$$

p_{H_2O} représentant la tension de la vapeur d'eau.

En faisant $T = 585, 685$ et 805 (soient 312° C., 412° C. et 532° C.) et, en remplaçant la tension de vapeur d'eau par 0,031 atmosphère (d'après Bose), on trouve les valeurs suivantes comparées à celles obtenues :

Degrés centigrades.	Force électromotrice, en volts.		
	Trouvée.	Calculée.	Différence.
312	1,24	1,00	0,24
412	1,15	0,955	0,195
532	1,03	0,901	0,129

On peut en conclure que la supposition d'un équilibre de répartition entre l'eau de la soude en fusion et la vapeur d'eau de l'air n'est pas exacte. En calculant, d'après l'équation, la valeur de la tension de vapeur au-dessus du bain en fusion, on trouve :

Température en degrés C.	Tension de la vapeur d'eau en millimètres de Hg.
312	0,00171
412	0,032
532	0,52

Les petites tensions de vapeur d'eau aux faibles températures (312° C.-412° C.) paraissent indiquer qu'il existe deux phases du bain en fusion dont l'équilibre thermodynamique avec la vapeur d'eau a lieu pour les très faibles tensions de cette dernière, mais se fait extraordinairement lentement pour une tension de vapeur différente. Ainsi, on ne doit pas s'étonner que le travail réversible de la chaîne gazeuse donne une valeur de la force électromotrice qui correspond à une très petite tension de vapeur (pour 312° C.-412° C.).

Conclusions. — Les conclusions qu'on peut tirer de ces recherches sont les suivantes :

1° Dans la soude caustique en fusion, le fer devient passif par une croûte d'oxyde;

2° Le fer passif et le platine poli représentent des électrodes-oxygène bien définies dans la soude en fusion dès que celle-ci renferme sensiblement du manganate. Lorsque la température s'élève, le potentiel de l'oxygène devient moins positif;

3° Le fer actif et le charbon attaquant représentent, dans la soude en fusion, des électrodes-hydrogène dont le potentiel est égal à celui du gaz hydrogène à la pression atmosphérique dans le même bain. Le potentiel du charbon dépend, par conséquent, d'une façon absolue, de la vitesse de dégagement de l'hydrogène;

4° Le formiate et l'oxalate alcalins se décomposent nettement dans l'alcali en fusion sous formation de carbonate alcalin et d'hydrogène. Ce

dernier seul est actif au point de vue de la force électromotrice;

5° L'oxyde de carbone, en présence d'un excès de soude en fusion, donne nettement du carbonate de soude et de l'hydrogène. Celui-ci est seul actif au point de vue de la force électromotrice;

6° L'élément dit *au charbon* (fer, soude fondue, charbon) est une chaîne à gaz tonnant dont l'oxygène est tiré de l'air atmosphérique pendant que l'hydrogène provient de l'action du charbon sur la soude en fusion;

7° L'énergie libre de la chaîne gaz tonnant dans la soude fondue a été trouvée en accord satisfaisant avec les valeurs anciennement connues pour la décomposition de l'eau dans la soude caustique en fusion. La discussion, à l'aide de l'équation d'Helmholtz, nécessite la supposition de très petites tensions de vapeur d'eau au-dessus de la soude fondue.

L. JUMAU.

Usine génératrice à gaz de San-Francisco (*Street Railw. Journ.*, t. XXV, p. 287, 11 février). — Cette usine, que fait actuellement construire la California Gas and Electric Corporation, présente quelque intérêt, tant par les raisons particulières qui ont motivé sa construction que par les dispositions spéciales que les ingénieurs ont été amenés à adopter. En premier lieu, elle doit constituer une usine de secours, capable de suppléer la ligne de transmission de Bay Counties, la ligne la plus longue du monde, que la Corporation a mis en exploitation il y a quelques mois et qui doit assurer l'exploitation de plusieurs services publics importants ne pouvant subir d'interruption : en particulier, les tramways électriques de San Francisco. Pour cette raison, bien qu'on eût envisagé l'emploi de puissantes turbines à vapeur, on a cru devoir recourir à l'emploi de moteurs à gaz, la mise en fonctionnement de ces moteurs étant beaucoup plus rapide que celle des turbines lorsqu'on n'a pas, et c'était précisément le cas, de vapeur sous pression constamment à sa disposition. Ces moteurs, au nombre de trois, n'auront pas moins de 5333 chevaux de puissance individuelle; ce seront les plus puissants moteurs à gaz construits jusqu'ici aux États-Unis; ils ont été commandés à la Snow Steam Pump Works, de Buffalo. Les alternateurs, couplés à ces moteurs et construits par la Crocker-Wheeler Co, donneront 4000 kilowatts en courants triphasés, 13200 volts, fréquence 75, tension et fréquence adoptées pour la transmission au réseau de tramways. Le courant d'excitation sera fourni par deux groupes moteur-générateur de 340 kilowatts, alimentés par le courant de la ligne de transmission de Bay Counties et actionnant par courroies les compresseurs fournissant l'air comprimé nécessaire au démarrage des moteurs à gaz; une batterie d'accumulateurs servira comme secours. Ajoutons que le gaz nécessaire à l'alimentation des moteurs ne sera qu'exceptionnellement pris sur les conduites de gaz d'éclairage appartenant à la Corporation; normalement il sera fabriqué dans une dépendance de l'usine, au moyen de pétrole brut de Californie et emmagasiné, après épuration, dans un gazomètre de 40000 m³; on obtiendra ainsi à très bon marché un gaz de grand pouvoir calorifique, en même temps qu'un sous-produit important, le noir de fumée. — Mais, par le fait même que l'usine génératrice ne doit fonctionner qu'exceptionnellement, à certaines heures de la journée ou en cas d'interruption de la ligne de transmission de Bay Counties, elle comprend également les appareils

transformateurs destinés à transformer les courants triphasés, 50000 à 60000 volts, 60 périodes par seconde, amenés par la ligne de transmission, en courant à 13200 volts, 25 périodes, fournis au réseau de tramways. Ces appareils comprennent deux groupes de transformateurs statiques d'une puissance totale de 10500 kilowatts, abaissant à 11000 volts la tension du courant transmis et alimentant deux groupes moteur-générateur portant la tension à 13200 volts et abaissant la fréquence à 25.

BREVETS RÉCENTS.

Machines génératrices : ALBION MOTORCAR COMPANY. BP. 11880, 1904 (génératrice). — ALEXANDERSON. USAP. 789404 et 789476, 14 sept. et 19 août 1904 (alternateur). — ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS GESELLSCHAFT. BP. 13684, 1904, et DRP. 161459, 12 nov. 1904 (machine à courant continu). — BAKER. USAP. 791310, 31 déc. 1904 (plateau fixe pour machine à influence). — BEHREND. USAP. 790475, 19 sept. 1904 (dynamo). — BERRY. BF. 349961, 2 juin 1904 (dynamo). — BOUCHEROT et C^{ie}. BF. 349924, 17 mai 1904 (dynamo). — COINCY (de). BF. 352445, 16 mars 1905 (culasse de dynamo pour diminuer le poids). — DAWSON. BF. 351537, 15 fév. 1905 (dynamo). — DUNKER. USAP. 790485, 19 sept. 1904 (construction du rotor). — ELEKTRIZITÄTS ACTIEN GESELLSCHAFT. BF. 352458, 16 mars 1905 (mode d'excitation des pôles condensateurs). — FRÖLICH et FARKAC. BF. 352040, 4 mars 1905 (dynamo). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 13277, 1904 (enroulement). — HEMINGWAY. USAP. 790569, 15 août 1904 (machine électrique). — GUZMANN. DRP. 160388 et 160559, 30 oct. 1903 (inducteur magnétique). — JOHNSON. USAP. 788473 et 790368, 16 juillet et 30 oct. 1903 (alternateur et armature); BF. 351587, 18 fév. 1905 (machine électrique). — LAHMEYER et C^{ie}. BF. 352578, 21 mars 1905 (machine polyphasée à collecteur). — LAPEYRADE. BF. 352542, 25 janv. 1905 (alternateur à deux induits). — LATOUR. USAP. 789435 et 789436, 10 sept. 1904 (alternateur). — MALTHANER. USAP. 791277, 20 juil. 1904 (dynamo). — MAWDSLEY. USAP. 788365, 17 sept. 1902 (dynamo). — NEWBOLD. BP. 23612, 1904 (dynamo). — OERLIKON. DRP. 161243, 29 mars 1904 (alternateur). — POULSON. USAP. 789449, 19 juin 1903 (alternateur à haute fréquence). — RIST. USAP. 789454, 18 oct. 1901 (alternateur à haute fréquence). — SIEMENS-SCHUCKERT WERKE. BF. 351435, 11 fév. 1905 (aimant de champ rotatif pour machines électriques); 351760, 13 fév. 1905 (disposition de l'enroulement pour machines asynchrones pour obtenir des nombres de pôles différents dans le rapport de 1 à 2); 351895, 28 fév. 1905 (machine électrique avec dispositif refroidisseur); BP. 27199, 1904 (excitation de dynamos électriques). — TITZEL. USAP. 788291, 9 nov. 1901 (génératrice ou réceptrice). — WÖRMELSDORF. BF. 352033, 4 mars 1905 et DRP. 161211, 23 nov. 1904 (machine à influence). — WRIGHT. USAP. 790471. 30 sept. 1904 et BP. 12970, 1904 (dynamo). — **Divers** : CHAPMAN. DRP. 161368, 11 sept. 1904 (neutralisation de l'électricité statique développée dans le travail du papier, de la toile ou par le frottement des courroies). — ELECTRIC TRAIL LIGHTING SYNDICATE LTD. DRP. 160647, 27 mars 1904 (porte-balai). — GENERAL ELECTRIC COMPANY. BP. 12192, 1904 (porte-balai). — GESELLSCHAFT FÜR ELEKTRISCHE ZUGBELEUCHTUNG. DRP. 161532, 29 mars 1904 (régulateur de génératrices à courant continu). — HARTMANN et BRAUN. DRP. 161066 (dispositif pour la mise en parallèle des alternateurs). — JOHNSON. USAP. 788049, 4 août 1903 (déplacement des balais). — MULLER. DRP. 161514, 16 février 1901 (tube Röntgen). — SCHMELTZ. BF. 352077, 4 janvier 1905 (procédé de chargement de générateur d'électricité).

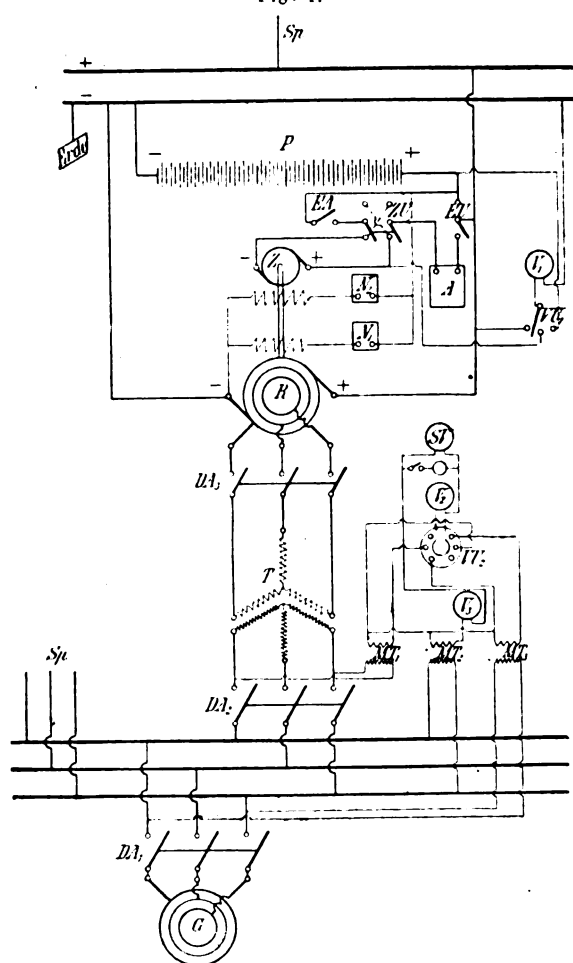
TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

Emploi des survolteurs comme réducteurs pour l'alimentation simultanée d'un réseau de traction et d'un réseau d'éclairage à courant alternatif ou continu, par B. JACOBI. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXVI, p. 225, 9 mars 1905).

Dans un grand nombre de petites et de moyennes installations à courant continu qui alimentent en même temps des lampes et un réseau de tramways, on est obligé d'installer à côté de la batterie-tampon une deuxième batterie pour assurer le service de nuit. Dans celles à courants alternatifs alimentant directement un réseau d'éclairage et après transformation un réseau de traction, il faut laisser tourner la nuit une machine pour assurer l'éclairage. Dans les deux cas l'exploitation est peu économique.

La disposition suivante, encore très peu connue quoique appliquée depuis près de trois ans, permet

Fig. 1.



une exploitation très économique; elle a été réalisée par la *Elektricitäts A. G.*, autrefois Schuckert

et Cie, et fonctionne parfaitement depuis octobre 1900 dans la station centrale d'Oberstein.

Supposons d'abord qu'il s'agisse de courant triphasé à haute tension transformé en courant à 500-600 volts pour le réseau de tramways. La figure 1 représente le schéma de l'installation. G est la génératrice, T un transformateur, R un convertisseur rotatif, Z un survolteur, P la batterie-tampon, A un rhéostat, N les rhéostats d'excitation, EA un interrupteur unipolaire, DA un interrupteur tripolaire, EU un commutateur unipolaire, ZU un commutateur bipolaire, V sont des voltmètres, VU des commutateurs de voltmètres, SV est un voltmètre indicateur de synchronisme, MT sont de petits transformateurs de mesure, Sp représente un circuit d'alimentation.

Pendant le jour, R en parallèle avec P fournit le courant au réseau de tramways. Z qui est accouplé directement avec R tourne alors à vide, EA est ouvert et ZU placé en position moyenne, EU est dirigé vers le haut et relie le pôle positif de la batterie à la barre positive du tableau.

Pour charger la batterie, on met A en court-circuit, on dirige EU vers le bas et ZU vers le haut. Après réglage de la tension du survolteur par N₂, on ferme EA et la charge commence.

La nuit, R doit assurer l'éclairage de la façon suivante : tous les interrupteurs étant ouverts, on dispose EU et ZU vers le bas. Avec N₁ on excite fortement R et avec N₂ on excite Z modérément. On ferme alors EA et l'on diminue progressivement la résistance en A.

Quand celle-ci est en court-circuit, on ferme DA₂, on place VU₂ sur MT₁ et l'on mesure avec V₂ la haute tension aux bornes de T. Avec N₂ on règle jusqu'à ce qu'on atteigne la tension normale de distribution.

Pour mettre R en parallèle avec G, on utilise N₁. R recevant le courant de la batterie agit en effet comme un moteur à courant continu à excitation shunt et une variation de son champ produit une variation de vitesse.

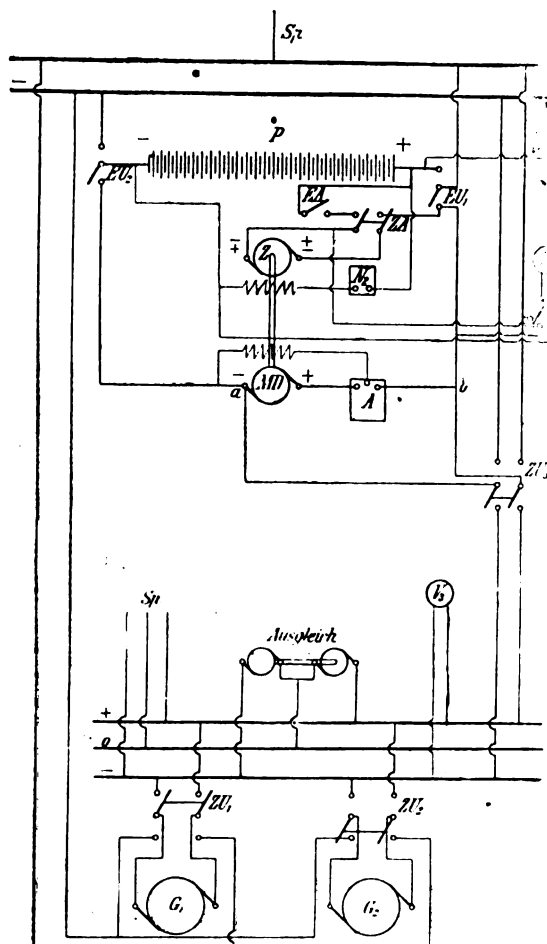
Dès que SV indique le synchronisme, on ferme enfin DA₂ et l'on isole la génératrice que l'on arrête. A partir de ce moment l'éclairage est assuré par la batterie seule.

Z étant disposée comme on l'a vu, en tension avec la batterie, la tension aux bornes de R et par suite en T peut rester rigoureusement constante malgré la baisse de tension de la batterie en décharge par le réglage de la tension de Z ⁽¹⁾.

(¹) On constate cependant que, malgré la baisse de tension de la batterie, la tension en T reste très sensiblement constante. Ce phénomène s'explique aisément de la façon suivante. Les excitations de R et de Z étant prises directement aux bornes de la batterie, lorsque la tension de celle-ci baisse...

Le même principe peut être appliqué à une installation à courant continu; on économise ainsi une batterie spéciale pour l'éclairage. Supposons une installation à 2×220 volts pour l'éclairage et à 550 volts pour le réseau de tramways. Les deux

Fig. 2.



génératrices utilisées doivent posséder une tension de 550 volts, cette tension étant abaissée pour le réseau d'éclairage. Des commutateurs bipolaires

en baisse pendant la décharge, l'excitation de R s'affaiblit, par conséquent R tourne plus vite et il en résulte que la tension produite par Z augmente bien que son excitation s'affaiblisse. La tension aux bornes de R reste approximativement constante, mais la vitesse et par conséquent la fréquence augmentent sans cesse et peuvent dépasser de 10 pour 100 les valeurs normales. On évite très facilement cet inconvénient à l'aide d'un tachymètre actionné par R. En augmentant les excitations par N_1 et N_2 on abaisse la vitesse de R à sa valeur normale et l'on relève la tension de Z qui a baissé par l'opération précédente. On maintient constantes et la fréquence et la tension en T par un simple réglage effectué toutes les heures.

permettent d'utiliser chaque génératrice pour la lumière ou pour la traction. Le survolteur est actionné par un moteur que l'on branche à volonté sur les barres d'éclairage ou sur celles de traction. Ce survolteur est construit pour une tension de -120 à $+170$ volts. La figure 2 représente le schéma d'installation; elle comporte les mêmes désignations que la figure 1.

Pendant l'exploitation de jour, G_1 travaille sur le réseau d'éclairage et de force, et ZU_1 est fermé vers le haut. G_2 travaille sur le réseau de tramways et ZU_2 est fermé vers le bas. EU_1 et EU_2 sont dans la position supérieure de sorte que la batterie P fonctionne en parallèle avec G_1 .

Pour charger la batterie, on met le moteur MD en route à l'aide de A après avoir relié ZU_2 aux barres d'éclairage ou de traction selon l'importance de la charge de G_1 et de G_2 . EU_1 est fermé vers le bas tandis que EU_2 reste en haut. On ferme ensuite ZA et enfin EA après réglage de la tension nécessaire par N_2 qui sert également à régler dans le cours de la charge.

La nuit on sépare complètement P des barres de traction, car le réseau d'éclairage a son fil neutre à la terre. On dispose EU_2 à sa position inférieure, on ferme ZA et EA, puis on ouvre EU_1 . On met ensuite MD en route à l'aide de A et avec N_2 on règle, en plus ou en moins, la tension de Z de telle façon que la tension V_1 entre a et b soit égale à la tension V_2 du réseau. On ferme alors ZU_1 vers le bas et l'on peut arrêter la génératrice G_1 . Pendant le cours de la décharge, on maintient V_2 constante en réglant N_2 . Au début, par suite du grand nombre d'éléments de P, on doit donner à Z une tension de sens inverse, puis, dans le courant de la décharge, une tension qui tend vers 0 et enfin passe dans le sens positif. En reliant N_2 à un régulateur automatique, aucune manœuvre n'est plus nécessaire.

Avec des variantes, ces deux dispositions peuvent être employées dans beaucoup de cas; elles procurent une économie sensible d'exploitation.

L. J.

BREVETS RÉCENTS.

Canalisations : Conducteurs : FELTEN et GUILLEAUME. DRP. 159610, 17 mars 1903 (bobine d'induction double insérée dans l'armature métallique des câbles). — GOLDMAN. USAP. 785873, 2 mai 1904 (conducteur). — HORNER. USAP. 786216, 15 janv. 1904 (tendeur). — LATIMER. USAP. 785561, 23 juil. 1904. — THOMPSON. USAP. 785445 et 785447, 2 août 1902 (circuits en dérivation). — **Conduites, supports, attaches, isolants :** ANDERSON. USAP. 785700, 5 janv. 1905 (support pour conducteur électrique). — BENEDIKT et MACEK. DRP. 159625, 8 janv. 1904 (fixation des conducteurs aux isolateurs). — BOREL (A. et C.). BF. 349270, 15 mars 1904 (perfectionnement dans l'installation des câbles électriques souterrains). — FAIRBANKS. BP. 29118, 1904 (isolant).

TRACTION.

Sur les moteurs de traction à courants alternatifs, par STEINMETZ (Communication faite au Congrès international de Saint-Louis). — Le système employé jusqu'ici pour appliquer la traction électrique aux chemins de fer consiste à produire l'énergie sous forme de courants alternatifs à haute tension et à la transmettre à des sous-stations de commutatrices. Cette méthode ne donne de bons résultats économiques que si le trafic est assez intense pour qu'on puisse établir des sous-stations assez rapprochées les unes des autres. Quand le nombre des trains est trop faible ou la puissance par train trop grande pour qu'on puisse alimenter la ligne à 500 volts par les sous-stations sans pertes excessives dans les conducteurs ou sans fluctuations de charge inadmissibles, il faut recourir à des tensions plus élevées que celles qu'on peut utiliser dans les moteurs à courant continu. C'est ce point qui marque la limite où finit le rôle de la commutatrice et où commence celui du moteur à courant alternatif.

L'orateur ne croit pas que le moteur à courant alternatif doive épiéter sur le domaine occupé aujourd'hui par le moteur à courant continu. Il trouvera son champ de développement dans les services auxquels celui-ci est impropre : traction suburbaine et interurbaine, traction à longue distance, chemins de fer secondaires.

Trois genres de moteurs sont à notre disposition : le moteur série à courant continu, le moteur asynchrone polyphasé et le moteur monophasé à collecteur. L'orateur a donné la courbe des variations du couple en fonction de la vitesse pour chacune de ces machines, dans un Mémoire présenté au Congrès (1). On sait que le moteur asynchrone polyphasé ne se prête guère aux variations de vitesse et que pour cette raison il est impropre à la traction, sauf dans le cas très particulier des chemins de fer de montagne. Dans les moteurs à collecteur, à courant continu ou alternatif, le couple décroît quand la vitesse augmente et, inversement, la vitesse du moteur décroît quand la charge augmente ; le couple est maximum au démarrage. Les moteurs de cette classe diffèrent les uns des autres par la décroissance plus ou moins rapide du couple à vitesse croissante, ce qui amène à considérer les exigences des divers services de traction.

1° Tramways urbains. — Dans ce service, les arrêts sont fréquents, de durée variable, et se produisent à intervalles irréguliers. Le moteur doit donc, après l'arrêt, se mettre en vitesse aussi promptement que possible, c'est-à-dire qu'il doit avoir un couple de démarrage et un couple d'accélération très énergiques, le couple d'accélération conservant une grande puissance jusqu'à une vitesse considérable. Au delà de cette vitesse, le couple du moteur doit décroître assez rapidement jusqu'à la valeur nécessaire pour la marche en palier, couple qui doit correspondre à une vitesse à peu près double de celle où le couple a commencé à décroître. Il est nécessaire aussi que le rendement du moteur soit bon pendant la période d'accélération, et aussi aux faibles vitesses, l'encombrement ne permet pas une allure rapide. Le moteur série à courant continu remplit parfaitement ces conditions. L'alternomoteur à collecteur présente à peu près les mêmes caractéristiques, mais la variation du couple en fonction de la vitesse y est un peu moins rapide. Cette différence s'explique par la densité magnétique plus faible dans l'alternomoteur, et aussi, aux faibles vitesses, par la force électromotrice de self-induction (2).

(1) Ce Mémoire a été analysé dans *La Revue électrique*, numéro du 30 mars 1905, p. 179.

(2) Dans ce service, la marche en palier, avec couple très faible par rapport au couple d'accélération, occupe une grande partie du temps de marche total ; or dans un moteur d'induction ne développant que le dixième, par exemple, de

2° Service de transport rapide par chemin de fer aérien ou souterrain. — Les conditions sont ici presque identiques à celles du service précédent, sauf que les unités sont plus lourdes, les vitesses plus grandes, les arrêts moins fréquents si on les considère en eux-mêmes, mais à peu près aussi fréquents en comparaison de la puissance maxima du moteur dans chaque cas. On ne pourrait donc que répéter ici ce qui vient d'être dit au sujet des moteurs convenables.

3° Chemins de fer suburbains et interurbains. — Les arrêts sont ici beaucoup moins fréquents ; la rapidité d'accélération a donc moins d'importance. Mais le couple de surcharge doit être ici plus grand que dans le service urbain, car on ne peut compter sur une constance parfaite de la tension en ligne : il faut donc que le couple soit assez énergétique pour qu'on puisse faire démarrer le train ou la voiture dans les conditions les plus défavorables, même s'il y a abaissement de la tension en ligne. Le moteur asynchrone polyphasé est le plus sensible aux variations de tension : son couple maximum varie avec le carré de la tension. Au contraire, dans le moteur série à courant continu et l'alternomoteur à collecteur, les variations de la tension en ligne n'influent que sur la vitesse du moteur et non sur son couple maximum (1). L'alternomoteur à collecteur paraît très bien approprié à ce genre de service, qui n'exige pas un couple accélérateur agissant jusqu'aux grandes vitesses.

Transport des voyageurs sur les grandes lignes. — Les locomotives à vapeur appliquées aujourd'hui à ce service ont un taux d'accélération bien inférieur à celui qu'on réalise couramment en traction électrique. On n'a donc pas besoin ici d'un fort couple d'accélération persistant jusqu'aux grandes vitesses. Ainsi les alternomoteurs à collecteur sont également indiqués ici. Quant aux moteurs asynchrones polyphasés, deux raisons s'opposent à leur emploi : d'abord ils sont trop sensibles aux variations de la tension en ligne, ensuite leur vitesse est bornée par une limite fixe, ce qui empêche de dépasser la vitesse normale là où le profil de la voie le permet.

Transport des marchandises sur les grandes lignes. — Ce cas est analogue au précédent, sauf que les vitesses sont plus faibles et les trains plus lourds. Ici, plus que partout ailleurs, il est nécessaire d'avoir un très fort couple de surcharge pour se mettre en vitesse et pour gravir les côtes. Il faut donc, comme pour les lignes suburbaines et interurbaines, un moteur dont le rendement soit bon à faible charge et qui puisse développer un couple très puissant. Mais il est inutile que ce couple puisse persister jusqu'à une grande vitesse, car cela entraînerait une trop forte consommation d'énergie.

Chemins de fer de montagne. — Dans les chemins de fer de montagne, le couple à vitesse normale est sensiblement égal au couple de démarrage et par suite la charge du moteur est plus constante que dans tout autre genre de traction. Dans les descentes, il est bon de pouvoir employer le moteur au freinage, en restituant de l'énergie à la ligne. Le moteur asynchrone polyphasé convient à ce service et on l'y emploie en effet avec succès.

Mais il ne suffit pas d'examiner les exigences des divers

sa puissance maxima, le rendement est très faible et le facteur de puissance très bas. Le moteur d'induction ne convient donc pas aux tramways urbains.

(1) Dans l'alternomoteur à collecteur et le moteur série à courant continu, le couple ne dépend pas de la tension de distribution : ou plutôt le couple maximum en dépend, mais le couple maximum théorique que peut développer le moteur au démarrage est si supérieur à l'effort qui le briserait, ou même à l'effort qui serait patiner les roues, que ce maximum n'est jamais atteint. Les variations de la tension en ligne n'ont donc d'influence que sur la vitesse du moteur.

services de traction, il faut aussi tenir compte des conditions extérieures actuelles. Il existe déjà, aux États-Unis et dans le reste du monde, un immense réseau de voies ferrées exploitées par la vapeur. La locomotive à vapeur est une unité de haut rendement, mais une unité très puissante; elle ne peut donc s'adapter avantageusement qu'à des convois lourds et peu fréquents. En raison de ce fait, tout le matériel roulant des chemins de fer est établi en vue de former des trains très longs et en petit nombre. Or ce mode d'exploitation convient peu à la traction électrique. En outre, les voitures des lignes interurbaines doivent aussi pénétrer dans les villes et en desservir les réseaux, sinon les principaux avantages de la traction électrique, qui sont la fréquence des véhicules et l'absence des gares, disparaîtraient. Ainsi, quel que soit le moteur adopté pour le service interurbain, il devra pouvoir fonctionner sur les réseaux urbains actuels, qui sont tous à courant continu. Donc on devra pouvoir relier ce moteur soit à un réseau alternatif à haute tension, soit à un réseau continu à 500 volts. Il faut aussi, sous peine de complications inadmissibles, que le système de contrôle du moteur soit le même avec ces deux modes d'alimentation.

Enfin, il faut tenir compte de ce fait que les chemins de fer électriques déjà existants sont tous pourvus d'un matériel fournissant des courants triphasés à 25 périodes par seconde, matériel qui représente d'énormes capitaux. La fréquence de 25 périodes devra donc être conservée. Fort heureusement, dit l'orateur en terminant, c'est la fréquence la mieux appropriée au moteur de traction alternatif monophasé.

P.-L.

Emploi des voitures de remorque, par PAVIE, Directeur général de la Compagnie générale française de tramways de Paris (Rapport à l'Assemblée générale de l'Union internationale de Tramways et Chemins de fer d'intérêt local, à Vienne, en septembre 1904, 11 pages). — Dans les services urbains à double voie, si l'on rencontre un trafic intense *constant*, il peut y avoir avantage à faire des départs très rapprochés de voitures automobiles uniques, ce qui satisfait davantage le public que des départs plus éloignés de voitures d'attelage. Si pourtant le trafic, même constant, devient trop intense, le seul moyen d'y faire face consiste à atteler des voitures de remorque.

Sur les lignes à simple voie, avec garages peu nombreux ne permettant pas de faire circuler des voitures très rapprochées, les voitures de remorque sont également indiquées pour satisfaire à une augmentation constante de trafic.

Mais les voitures de remorque sont surtout utiles pour répondre à des augmentations de trafic *momentanées*, à certaines heures ou à certains jours, dimanches, fêtes, etc.

Le seul inconvénient qui s'oppose quelquefois à l'emploi des voitures de remorque est la difficulté plus grande des virages aux terminus ⁽¹⁾. On n'éprouve aucune difficulté à freiner avec des freins même à main appliqués sur la motrice seule ⁽²⁾ des convois de deux voitures, aussi bien sur

des rampes assez fortes qu'en palier. Les voitures de remorque, étant plus légères que les motrices, ne demandent que 30 à 40 pour 100 de l'effort de traction de ces dernières et, par conséquent, ne surchargent pas les moteurs de la motrice et ne réduisent pas notablement la vitesse de marche si ces moteurs ont été calculés assez largement, comme il est bon qu'ils le soient.

D'après ce qui vient d'être dit, les remorques permettent de réaliser, par rapport aux voitures isolées, des économies sensibles de force motrice. Elles ont encore l'avantage de coûter moins cher de premier établissement et d'entretien, d'exiger moins de personnel, de contenir un peu plus de place et même d'être préférées par le public parce qu'elles sont plus aérées.

L'Assemblée a adopté le vœu émis par M. Pavie, que les autorités ne limitent pas l'emploi des remorques à une seule voiture, mais autorisent deux et même trois voitures à attelage, pourvu que les moyens de freinage soient suffisants ⁽¹⁾.

CH. J.

Freins pour tramways électriques, par SCHOLTES, Directeur des tramways de Nuremberg-Furth. (Rapport à l'Assemblée générale de l'Union Internationale de tramways et chemins de fer d'intérêt local, à Vienne, en septembre 1905, 11 pages). — Tous les tramways électriques peuvent être freinés électriquement soit par la mise en court-circuit des moteurs, soit par système électromagnétique. Les réponses au questionnaire montrent qu'en dehors du frein électrique toutes les lignes possèdent, même si la condition n'est pas imposée par les autorités, un second frein qui peut être à main ou à air comprimé; quelquefois, mais très rarement, on rencontre les trois systèmes.

Sur les deux freins, dont un électrique, montés sur les tramways, un seul est généralement employé comme frein de service et l'autre seulement comme frein de secours. Sur 56 compagnies, 37, soit 66 pour 100, emploient le frein à main comme frein de service, parce que c'est le plus simple et qu'il est bien suffisant pour les voitures isolées pas trop lourdes. Pour de grosses voitures il a l'inconvénient de fatiguer le mécanicien ⁽²⁾ et, pour des trains de plus d'une voiture, il peut être insuffisant. C'est lui qui doit être employé comme présentant le plus de sécurité, dans les rampes un peu longues, parce que son action est continue, tandis qu'elle n'est que momentanée dans les freins électriques et qu'elle s'affaiblit dans les freins à air comprimé à cause de l'échappement de l'air.

freins de même genre ou du système Guénée à solénoïde sur les remorques. A Marseille, on a un frein électrique direct à court-circuit sur la motrice; en outre, le courant produit à l'arrêt par les deux moteurs de la voiture motrice est envoyé dans des solénoïdes Guénée à longue course qui agissent directement sur la timonerie des freins à mains de chaque remorque; ce système est très simple de construction et d'entretien et en même temps très efficace. On a, dans un essai, arrêté en 15", sur un rail sec et propre, un train de 30 tonnes formé d'une motrice et de deux remorques, à la vitesse de 20 km à l'heure.)

⁽¹⁾ M. Thonel, de Liège, a cité le cas bizarre d'une ligne de tramways à vapeur d'Espagne qui avait le droit de remorque de trois voitures et à laquelle on a interdit, après électrification, de faire usage de plus d'une voiture de remorque.

⁽²⁾ La Société des tramways électriques de Leipzig emploie, au lieu du système ordinaire à sabots agissant sur la jante des roues, un dispositif à ruban s'enroulant sur un disque solidaire de l'essieu, dispositif dans lequel la force vive de la voiture est utilisée et qui n'exige qu'un faible effort de la part du mécanicien.

⁽¹⁾ Le virage en boucle, qui n'exige aucune manœuvre pour changer de direction aux terminus, se prête particulièrement bien à l'emploi des voitures de remorque.

⁽²⁾ Les freins continus électriques ou à air comprimé conviennent certainement très bien pour les trains de deux voitures et sont presque nécessaires pour ceux de trois voitures (maximum pratique pour les services de tramways proprement dits). Sur quarante-deux Sociétés employant des remorques, quatorze font usage de freins continus: La grande Société des Tramways de Berlin emploie des freins électriques Sperry et des freins Westinghouse; Les tramways bruxellois seulement le Westinghouse; Les tramways électriques de Berlin, de Cologne et d'Heidelberg un frein à solénoïde généralement du système Siemens et Halske. Les tramways de Lyon emploient des freins genre Sperry sur les automotrices et des

Le frein électrique est employé comme frein de service dans 13 compagnies, soit sur 23 pour 100 des Sociétés considérées, et le frein à air comprimé dans 6 Compagnies, soit dans les 10 pour 100 des cas; ces 2 systèmes sont en vive compétition. M. Scholtes donne nettement la préférence au frein électrique parce qu'il affirme qu'en employant des systèmes à solénoïdes ⁽¹⁾ ce frein est au moins aussi sûr que celui à air comprimé et qu'il est moins coûteux de premier établissement et surtout d'entretien. Toutefois sur des trains de plus de 2 voitures il recommande le frein Westinghouse comme développant un effort plus énergique ⁽²⁾.

MM. Mahrold et Köhler, de Berlin, se sont élevés contre cette assertion. A leur avis le freinage électrique fatigue les moteurs ou oblige à en prendre de plus forts. Le frein à air comprimé, quoique comportant plus d'organes, présente peut-être plus de sécurité que le frein électrique ⁽³⁾ et a comme avantage accessoire de permettre une vérification de son fonctionnement après un accident, tandis que le mécanicien qui heurte un autre véhicule peut toujours arguer que le frein électrique, même s'il fonctionne bien dans un essai ultérieur, a eu un raté au moment de la collision. Les partisans du frein à air comprimé admettent seulement que son entretien est plus onéreux que celui des freins électriques, mais peut-être pas dans la mesure que l'on croit : M. Mahrold va entreprendre des relevés nombreux et minutieux pour élucider ce point.

Cette discussion, a déclaré le président M. Janssen, prouve que la question n'est pas résolue et qu'il convient de la reporter à une autre assemblée ultérieure, sans émettre actuellement de conclusions. Sur la proposition de M. Köhler, l'assemblée décide que deux rapporteurs seront nommés pour cette question, afin de permettre aux partisans des deux systèmes concurrents, électricité et air comprimé, d'être représentés dans l'étude de la question. CH. J.

Montage à ressorts des roues dentées de tramways (*Elektrotechnische Zeitschrift*, 13 avril 1905, p. 349). — Les moteurs de tramways étant suspendus par ressorts au châssis de la voiture, l'essieu moteur est sensé ne supporter aucun poids. En réalité, il se produit sur les rails un mar-

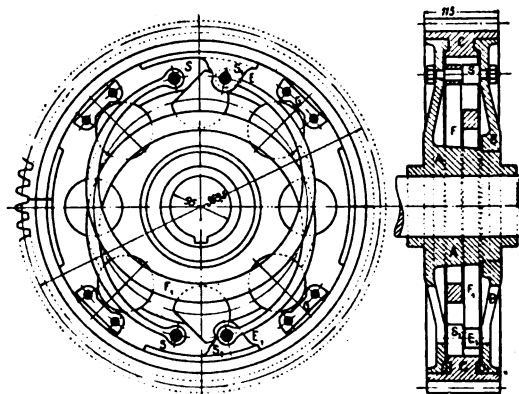
⁽¹⁾ Les freins électriques avec électro-aimants à palette sont bien inférieurs aux systèmes à solénoïdes, tels que ceux de Siemens et Halske ou Guénée, qui sont d'ailleurs maintenant les plus employés, parce que l'armature reste collée à l'arrêt par rémanence du magnétisme et qu'ils donnent lieu à une usure plus grande des pièces à cause de leur plus faible course.

Les freins à patins agissant sur le rail, tels que le Schiemann, le Planta et le Newel-Westinghouse (ce dernier est le seul employé sur une vaste échelle, notamment à Glasgow) sont, d'après l'auteur, encore à la période d'essais : et leur usage sera toujours restreint à des cas tout à fait particuliers (portions de voies très difficiles); dans le restant des cas ils ne sont pas nécessaires et ont une action trop brusque désagréable et même dangereuse pour les voyageurs de l'impériale.

⁽²⁾ M. Pavie avait ajouté que le frein Westinghouse exigeait pour la compression une dépense notable de courant, 27 watts-heures par motrice-kilomètre (6 pour 100 de la consommation) d'après des expériences. Il était étonné du chiffre de 3 watts-heures donné, dans leur réponse, par les tramways de Berlin qui à Londres avaient indiqué 15 à 20 watts-heures. M. Mahrold, des tramways de Berlin, a maintenu son chiffre de 3 watts-heures résultant d'expériences plus nombreuses et plus soignées que celles de 1902.

⁽³⁾ M. Mahrold cite à l'appui de sa thèse l'exemple de l'Amérique où il n'a vu aucun frein électrique en service et où le frein Westinghouse est par contre très répandu.

tèlement analogue à celui qu'exercerait un certain poids non suspendu appliqué sur l'essieu lorsque la roue dentée est calée directement sur l'essieu, en raison des efforts qui s'exercent entre cette roue et le rotor du moteur par suite du jeu inévitable qui existe dans les engrenages; il se produit en outre une fatigue de ces engrenages. — Pour remédier à ces inconvénients, Fischinger a imaginé de mettre entre la roue dentée et l'essieu, au lieu d'une attache rigide, une liaison élastique qui amortit les oscillations produites sur l'essieu dans l'une ou l'autre direction rotative de marche. La roue dentée C, au lieu d'être clavetée sur



l'essieu A, a ses deux oreilles S, attachées à l'extrémité de deux ressorts courbes FF, fixés en S sur les plaques A et B du corps de roue. La plaque B, au lieu d'être venue de fonte avec le corps de roue, est amovible afin de permettre le montage de la roue dentée C qui est susceptible d'un certain déplacement angulaire dans un sens et dans l'autre, entre les extrémités des plaques A et B servant de guides. Les deux ressorts, en forme d'arc à section décroissante, peuvent supporter ensemble un effort de 43^{eh} (à la vitesse de 2,5 m : sec) avec un déplacement de 76^{mm} et un effort de 1260^{kg}; ils ne travaillent en pratique qu'aux $\frac{1}{4}$ de cette puissance. — Quelques essais effectués avec ce montage à ressorts des roues dentées ont montré une diminution de l'usure de la roue dentée et une fatigue moindre des rails. Les essais vont être poursuivis en service courant sur un certain nombre de voitures des tramways de Dresde.

CH. J.

BREVETS RÉCENTS.

Systèmes : DONALD (Mac). USAP. 785909, 9 fév. 1904. — OLINGER. USAP. 785758, 19 juin 1903. — PULLEN. USAP. 788280, 18 juillet 1904.

Conducteur et voie : Ligne à trôlet : BUNN. USAP. 791178, 3 août 1904 (aiguillage pour fil de trôlet). — DAVIS et VARNEY. USAP. 791012, 791013, 791082 et 791083, 19 oct. 1904 et 23 janvier 1905 (dispositifs pour tendre et supporter les fils de trôlet). — JONES. USAP. 791031, 2 avril 1904 (support pour fil de trôlet). — KERLIN. USAP. 789613, 4 janvier 1905 (épaisseur pour fil de trôlet). — MULLEN (Mac). USAP. 786832, 4 juin 1904 (guide de fil de trôlet). — **Ligne à troisième rail** : ACKERMANN. USAP. 789402, 4 sept. 1902. — COURTENAY (L.) et COURTENAY (W.). USAP. 791079, 27 août 1904. — THOMSEN. USAP. 790538, 12 fév. 1904 (ligne à troisième rail protégé). — THORNE. USAP. 788290, 2 janv. 1904 (ligne à troisième rail protégé). — **Joint de rail isolant** : JORDAN. USAP. 788776, 11 fév. 1904.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

Câble téléphonique à inductance uniforme, par D.-C. JACKSON (Brevet américain 789738, déposé le 23 septembre 1901, publié le 16 mai 1905). — On sait que pour contrebalancer la capacité des câbles téléphoniques ou télégraphiques et éviter la déformation qu'elle produit sur les ondes transmises, on a souvent proposé d'intercaler des bobines d'inductance dans l'âme du câble. Mais ce procédé ne peut être complètement efficace, car la self-induction du câble se trouve ainsi irrégulièrement distribuée et la capacité du tronçon de câble situé entre deux bobines d'induction peut encore produire la déformation des ondes transmises. Aussi M. Jackson propose-t-il dans son brevet de répartir uniformément la self-induction en constituant l'âme même du câble par un conducteur enroulé en spirale, le cylindre intérieur à cette spirale étant occupé par de l'air ou par une matière magnétique. Partant de l'hypothèse que les harmoniques les plus hauts des sons qu'il convient de ne pas déformer dans les transmissions téléphoniques ont une fréquence d'environ 1000 périodes par seconde, M. Jackson calcule la valeur de l'inductance nécessaire pour contrebalancer une capacité donnée et arrive à cette conclusion que cette valeur de l'inductance est pratiquement réalisable par le procédé qu'il préconise.

Nouveau modèle de télégraphone Poulsen (*Revue industrielle*, t. XXXVI, p. 186, 13 mai). — On connaît le principe de cet instrument : un fil d'acier passant rapidement entre les pôles d'un petit électro-aimant en série avec un transmetteur téléphonique reçoit une série d'empreintes magnétiques dont l'intensité dépend de celle du courant téléphonique; en reliant ensuite le circuit de l'électro-aimant (ou d'un second) à un récepteur téléphonique et faisant passer le fil entre les pôles de cet électro-aimant, des courants d'induction prennent naissance dans ce circuit et reproduisent les paroles primitivement prononcées devant le récepteur. Dans l'appareil actuel le fil d'acier a 0^m^m,25 de diamètre et une longueur totale de plus de 5000^m; comme il se déroule à la vitesse de 3 m : s, l'inscription de la parole peut se faire pendant 30 minutes à raison de 100 mots par minute. Le système de commande comprend trois boutons sur lesquels on appuie respectivement pour faire enrouler le fil d'acier en avant ou en arrière, ou pour l'arrêter; en outre un commutateur à trois directions permet d'établir les communications sur l'une des trois positions suivantes : dictée, audition, secrétaire. Les deux premières correspondent à l'inscription et à la reproduction de la parole dans les conditions ordinaires. La troisième est destinée à faciliter le travail de l'employé chargé d'écrire les communications inscrites sur l'appareil : en pressant sur le bouton avant, l'employé met l'appareil en marche et, en pressant sur le bouton arrêt, il l'arrête à la fin d'une phrase; pendant qu'il écrit celle-ci le fil d'acier s'enroule automatiquement en arrière d'une certaine longueur, de sorte que, quand l'employé presse de nouveau sur le bouton avant, l'appareil répète la phrase précédente. Sous cette forme l'appareil remplace avantageusement le phonographe comme enregistreur et secrétaire automatique, mais il suffit d'en modifier les connexions pour les transformer en enregistreurs de conversations téléphoniques. En réglant les déroulements du fil à une durée de 2 minutes chacun, on peut enregistrer jusqu'à quinze conversations successives pendant l'absence de l'abonné. D'ailleurs, pour les inscriptions des conversations de 2 à 3 minutes seulement, M. Poulsen a établi un modèle réduit et simplifié avec lequel les inscriptions se font sur un disque d'acier dont on peut utiliser les deux faces.

État actuel de la téléphonie, par DE LA TOUANNE (Conférence faite le 16 juin 1905 à la Société française de Physique). — M. de la Touanne mentionne d'abord rapidement

les progrès réalisés dans les appareils au point de vue de la simplification des manœuvres à faire par l'abonné; il signale le remplacement des piles par la machine magnéto, puis présente un nouveau type d'appareil avec lequel l'abonné n'a même plus d'appel à faire, celui-ci se produisant automatiquement en décrochant le téléphone; de même, le signal de fin de conversation est donné automatiquement en raccrochant l'appareil. Cette simplification apparente pour l'abonné ne va pas évidemment sans une complication plus grande de l'intérieur de l'appareil.

En ce qui concerne les tableaux de bureau central, le conférencier fait l'historique des principaux systèmes employés. Le système Lartigue, employé en 1881, fit place au commutateur Standard. Les standards comportent 50 ou 100 numéros (on a même été jusqu'à 150); ils sont encore employés actuellement quand le nombre d'abonnés ne dépasse pas 600. Avec un personnel parfaitement discipliné, on a pu aller jusqu'à 1500 abonnés avec ce système. Dès 1885-1886, on a commencé à se servir des commutateurs multiples. Chaque téléphoniste s'occupe ici de 150 à 200 abonnés, en tant qu'appel. On a remplacé les anciens annonceurs par des lampes. Comme les abonnés oublient très souvent de donner le signal de fin de conversation, la téléphoniste peut être avertie de cette fin de conversation par l'allumage automatique des deux lampes des abonnés. On peut aussi avertir automatiquement l'abonné demandeur que l'abonné demandé ne répond pas, à l'aide d'un trembleur spécial; un autre trembleur peut indiquer que la ligne de l'abonné demandé est occupée.

Enfin, comme dernier procédé, dans le système automatique, on a voulu supprimer les téléphonistes. Mais le nombre de combinaisons à réaliser pour donner automatiquement la communication entre un abonné et un quelconque des autres abonnés du réseau est si considérable que l'automatisme ne peut être que partielle; on ne peut l'employer de bureau à bureau.

Parlant des lignes, M. de la Touanne indique qu'on doit renoncer aux lignes aériennes à cause du nombre trop considérable de celles-ci vers les bureaux. Les lignes souterraines ont une grande durée, mais elles coûtent très cher; elles sont placées le plus souvent dans les égouts. On emploie trois systèmes de pose différents : ou bien on constitue des blocs en ciment moulé dans lesquels on a ménagé des trous pour le passage des câbles sous plomb, ou bien on enfouit des tuyaux en fer dans de la maçonnerie, ou bien encore on fait usage de poteries de forme spéciale.

Pour montrer le développement actuel de la téléphonie, le conférencier cite quelques chiffres relatifs aux États-Unis (c'est le pays sur lequel on a le plus de renseignements). En 1902, il y avait 2178000 abonnés et le nombre de messages a atteint 5 milliards (dont 120000 à grande distance).

Les câbles téléphoniques sont formés de conducteurs torsadés deux à deux et disposés en grand nombre dans une enveloppe en plomb. On tend à augmenter de plus en plus ce nombre de conducteurs; ainsi on a fait d'abord des câbles à 50 et 100 paires de conducteurs; actuellement, on en fait de 300 et même de 600 paires. On répare ces câbles sur place en enlevant l'humidité par un courant d'air sec; à Paris, ce procédé est employé depuis 1893.

Pour terminer, M. de la Touanne présente des courbes comparatives indiquant les temps des différentes phases d'une conversation téléphonique avec les différents systèmes.

L. J.

BREVETS RÉCENTS.

Téléphonie sans fil : RANDALL BF. 349583, 19 déc. 1904 (système de téléphonie électrique). — SCHERPE. DRP. 160880, 17 août 1902 (téléphonie sans fil par ondes hertziennes).

MESURES ET ESSAIS.

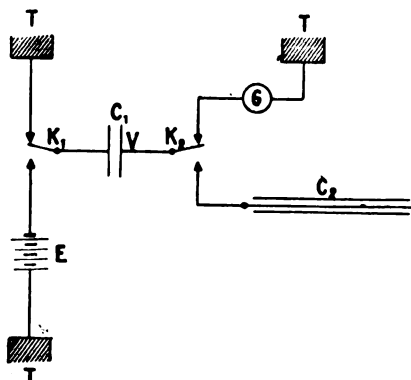
Sur la mesure de la capacité des grands câbles sous-marins, par DEVAUX-CHARBONNEL (Conférence faite le 7 juin 1905 à la Société internationale des Électriciens). — On sait que les questions de capacité jouent un très grand rôle dans la Télégraphie sous-marine. Les longs câbles ont, en effet, des capacités très élevées : celui qui relie la France à l'Amérique, notamment, possède une capacité de 1500 microfarads.

On peut étudier par le calcul le phénomène de la charge d'un câble. C'est ce qu'a fait il y a quelques années M. Devaux-Charbonnel ⁽¹⁾.

En appelant i l'intensité à l'origine du câble, I celle qui correspondrait à la loi d'Ohm, on trouve alors diverses équations parmi lesquelles ⁽²⁾ :

$$\frac{\int_0^t i dt}{CE} = B = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \left(1 - e^{-\frac{n^2 \pi^2 t}{4CN}} \right).$$

C'est la capacité du câble et R sa résistance; B exprime le rapport entre la charge du câble et celle obtenue après un temps infini. Si l'on trace la courbe de B en fonction du temps, on trouve, par exemple, pour le câble reliant la France et l'Amérique, $B = 0.92$ pour $t = 8$ secondes et $B = 0.99$ pour $t = 16$ secondes.



Étant donnée cette lenteur de charge, on conçoit que la mesure de la capacité d'un câble ne puisse être faite par la méthode balistique ordinaire. Une des méthodes employées est la méthode bien connue de Thomson. Dans cette méthode, on charge en parallèle le câble et un condensateur de comparaison. Mais cette méthode est très délicate et incertaine à cause du temps assez long (24 secondes environ dans le cas précédent) que nécessite la charge complète, temps pendant lequel il peut se produire des pertes.

La méthode employée par M. Devaux-Charbonnel, représentée schématiquement en figure 1, est basée sur l'emploi d'un galvanomètre balistique G . Un deuxième condensateur C_1 est monté en cascade avec le câble C_2 , de telle sorte qu'en chargeant ces deux condensateurs en tension on a évidemment $C_1(E - V) = C_2V$.

A l'aide des clefs K_1 et K_2 on mesure au balistique des charges Q_1 et Q_2 telles que $C_1V = Q_1$ et $C_1E = Q_2$, d'où l'on déduit $C_2 = C_1 \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1}$.

Grâce au montage en cascade des deux condensateurs, le temps de charge est réduit au quart. La méthode donne des résultats toujours concordants. C'est ainsi que, pour le câble de Brest à Dakar, deux mesures différentes ont donné respectivement, pour la capacité, 1087 et 1085 microfarads.

Le balistique est employé ici avec un shunt universel, une résistance R_2 étant branchée en dérivation sur le balistique de résistance G en tension avec une résistance R_1 , de telle sorte qu'on a, pour le pouvoir multiplicateur,

$$\frac{G + R_1 + R_2}{R_2}.$$

En étudiant la précision de cette méthode, M. Devaux-Charbonnel démontre que l'erreur maximum que l'on peut commettre est de 1 pour 100.

La méthode permet de mesurer la pénétration de la charge dans le diélectrique. On arrive alors à ce résultat imprévu que le potentiel du câble ne varie pas d'une façon brusque pendant la durée de la mesure du câble immergé; c'est que lorsque le câble est à la surface du sol que le potentiel varie.

On trouve aussi que la capacité du câble immergé est plus grande que celle mesurée en usine. C'est qu'en effet les câbles sont situés à des profondeurs atteignant 5^m à 6^m; ils sont donc soumis à des pressions considérables qui diminuent l'épaisseur du diélectrique.

La méthode permet également de mesurer la capacité d'un câble ayant un défaut d'isolement et de trouver facilement ce défaut.

L. J.

Nouveau mode d'application du tube de Pitot-Darcy à la mesure de la vitesse dans les conduites d'eau sous pression, par H. BELLET (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1531, 5 juin). — Pour pouvoir déterminer le rendement d'un moteur hydraulique alimenté par une conduite forcée, il est nécessaire de pouvoir mesurer aussi exactement que possible le débit de cette conduite. M. Bellet propose pour cette mesure un dispositif consistant en un tube de Pitot-Darcy et un manomètre différentiel à deux liquides, manomètre dont la sensibilité est très grande. — L'un des ajutages du Pitot-Darcy est relié à l'une des branches d'un tube en U, non capillaire, dans lequel on a préalablement versé un liquide A, non miscible à l'eau et un peu plus dense que celle-ci; l'autre ajutage est relié à l'autre branche du tube en U de manière à constituer un circuit complètement fermé. Lorsque l'eau de la conduite est animée d'une certaine vitesse, la pression n'étant pas la même dans les deux ajutages, il se produit, dans les deux branches du tube en U, une dénivellation des surfaces de l'eau et du liquide. Si l'on désigne par d la densité de ce liquide par rapport à l'eau, par h la hauteur de la dénivellation produite, par v la vitesse de l'eau et k le coefficient (très voisin de l'unité) du tube de Pitot-Darcy, on a la relation

$$kv^2 = 2gh(d - 1),$$

qui montre que la sensibilité du dispositif pourra devenir très grande en prenant un liquide de densité voisine de 1. — Le sulfure de carbone (coloré par de l'iode) dont la densité est 1,27 donne de bons résultats; la mesure de la dénivellation peut se faire à 1^{mm} près, ce qui, pour une vitesse v de 1 m; sec, correspond à une erreur de 3 mm; sec, soit une approximation de 0,3 pour 100. Une sensibilité encore plus grande est obtenue par l'emploi de la benzine ($d = 0,85$); alors le tube en U doit être renversé, puisque la benzine est plus légère que l'eau. — Il n'est pas nécessaire de déterminer séparément la densité d et le coefficient k : il suffit de tarer préalablement l'appareil en laboratoire et de dresser une Table correspondante.

⁽¹⁾ *L'Eclairage Électrique*, t. XXXI, p. 124, 16 avril 1902.

⁽²⁾ Voir *La Revue électrique*, t. III, p. 211, 15 avril 1905.

DIVERS.

Sur la dynamique de l'électron, par M. H. POINCARÉ (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1504, 5 juin). — Dans cette Note, l'auteur discute les hypothèses faites par Lorentz pour rendre compte que l'aberration de la lumière et les phénomènes qui en découlent n'aient pu permettre de déterminer expérimentalement le mouvement absolu de la Terre, ou plutôt son mouvement, non par rapport aux autres astres, mais par rapport à l'éther. — On sait en effet que les expériences où l'on ne tient pas compte de la première puissance de l'aberration n'ont donné que des résultats négatifs et l'on en a découvert l'explication; mais une expérience de Michelson où l'on pouvait mettre en évidence les termes dépendant du carré de l'aberration a également échoué. Pour expliquer cet échec Lorentz a introduit l'hypothèse d'une contraction de tous les corps dans le sens du mouvement terrestre; puis, convaincu que la constatation expérimentale du mouvement absolu de la Terre doit être impossible, il a cherché comment devait être modifiée, pour qu'il en soit ainsi, son hypothèse primordiale, laquelle laissait encore possible la réalisation de cette détermination; il a été amené ainsi à admettre que les équations du champ électromagnétique ne sont pas altérées par une certaine transformation et en outre que l'électron en mouvement prend la forme d'un ellipsoïde aplati à deux axes égaux. — L'importance de la question a déterminé M. Poincaré à la reprendre; les résultats qu'il a obtenus sont d'accord sur tous les points importants avec ceux de Lorentz; il a été seulement conduit à les modifier et à les compléter dans quelques points de détail. En particulier M. Poincaré montre qu'il est nécessaire d'admettre avec Lorentz que l'électron en mouvement doit avoir la forme d'un ellipsoïde à deux axes égaux et que l'hypothèse de Langevin, consistant à admettre que l'électron a une forme quelconque mais un volume invariable, n'est pas compatible avec l'impossibilité d'une expérience mettant en évidence le mouvement absolu. Il montre en outre qu'on a une explication plausible de la forme ellipsoïdale prise par l'électron en supposant que l'électron, déformable et compressible, est soumis à une sorte de pression constante extérieure dont le travail est proportionnel aux variations du volume. — M. Poincaré a également examiné quelles modifications seraient apportées aux lois de la gravitation si l'on admet, avec Lorentz, que toutes les forces, quelle qu'en soit l'origine, sont affectées par une translation de la même manière que les forces électromagnétiques; il trouve que la modification est, dans le cas où la vitesse de propagation des ondes gravifiques serait inférieure à celle des ondes lumineuses, tellement faible qu'il paraît improbable qu'on puisse la mettre en évidence par l'expérience, mais qu'elle pourrait sans doute être décelée par les observations astronomiques si les vitesses de propagation des deux espèces d'ondes sont du même ordre de grandeur.

Observations magnétiques à Tananarive, par le R. P. COLIN (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1521, 5 juin). — Comme les années précédentes, l'auteur a déterminé chaque semaine les valeurs absolues des trois éléments magnétiques à l'observatoire de Tananarive de mai 1904 à avril 1905. De ces déterminations, dont les résultats sont reproduits dans la Note, on déduit que pendant cette période : 1° la déclinaison a diminué de $7^{\circ}32'$, en présentant un maximum en août et un minimum en février; 2° l'inclinaison a augmenté de $1^{\circ}5'$, avec maximum en janvier et minimum en septembre; 3° la composante horizontale a diminué de 0,00028, avec maximum en novembre et minimum en mars.

Propriétés magnétiques de la pyrrhotine, par P. WEISS (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1532, 5 juin et p. 1587, 13 juin). — Dans ces deux Notes l'auteur continue l'exposé des propriétés de la pyrrhotine déjà commencé dans une Note antérieure (p. 349).

Pouvoir thermo-électrique et effet Thomson, par PONSOT (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1583, 13 juin). — L'auteur établit théoriquement la loi suivante : si l'on a une chaîne de métaux à une température inférieure à celle du point neutre d'un couple quelconque formé par deux métaux consécutifs, le classement des métaux d'après la valeur décroissante du coefficient de l'effet Thomson est celui pour lequel le pouvoir thermo-électrique d'un métal par rapport au suivant est positif. M. Ponsot fait observer que Rosing a formulé (*Journal de Physique*, 1900, p. 55), en s'appuyant sur les résultats de mesures, une remarque presque identique à la loi ci-dessus, mais en signalant des exceptions. D'ailleurs, si l'on compare la liste des métaux établie par Mathiessen d'après leur pouvoir thermo-électrique rapporté au plomb à la liste donnée par Le Roux d'après la grandeur du coefficient de l'effet Thomson, on ne trouve pas non plus entre elles une concordance absolue. Ces exceptions et discordance s'expliquent aisément : la démonstration de M. Ponsot suppose la température soumise à une condition (être inférieure au point neutre) qui n'est pas toujours remplie dans les mesures dont on utilise les résultats dans les comparaisons précédentes.

De l'hystérésis magnétique produite par un champ oscillant superposé à un champ constant, par P. DUCHEN (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1216-1219, 8 mai, p. 1370-1371, 22 mai). — Revenant sur une généralisation d'un point d'une Note antérieure (*Comptes rendus*, t. CXXXVIII, p. 1022, 14 déc. 1903) l'auteur démontre la proposition suivante : Si le champ magnétique subit des oscillations extrêmement rapides et symétriques entre les valeurs $\mathcal{H}_0 - \gamma$ et $\mathcal{H}_0 + \gamma$, l'aimantation finit par prendre une valeur sensiblement constante $\mathcal{H}$; cette valeur est l'aimantation *naturelle* qui correspondrait à une certaine valeur $\mathcal{H}_0$ du champ; nulle en même temps que $\mathcal{H}_0$, la différence $\mathcal{H} - \mathcal{H}_0$ a une valeur qui dépend de $\mathcal{H}_0$ et de la loi qui régit les oscillations en fonction du temps. Laissant cette loi invariable, si l'on fait varier $\mathcal{H}_0$, le point d'abscisse $\mathcal{H}_0$ et d'ordonnée $\mathcal{H}$ décrit une ligne qui passe par l'origine des coordonnées et qui a cette origine pour centre; cette ligne caractérise la loi qui régit les oscillations du champ. — Dans sa seconde communication, l'auteur montre que les propositions théoriques qu'il a établies concernant l'hystérésis concordent avec les résultats d'expériences faites par M. Maurain et dont les résultats généraux ont été exposés dans ces colonnes par M. Maurain lui-même (voir t. I, 30 juin 1904, p. 358).

De l'influence de la concentration sur les propriétés magnétiques des solutions de cobalt, par P. VAILLANT (*Comptes rendus*, t. CXL, p. 1632, 19 juin). — Un parallélépipède de verre, immergé dans la solution, est suspendu par un bifilaire entre les pôles d'un électro; quand on excite celui-ci, le parallélépipède est dévié; on le ramène dans sa position initiale en tordant le bifilaire et, de cette torsion, on déduit le coefficient d'aimantation de la solution. — L'auteur donne les résultats qu'il a obtenus avec des solutions de chlorure, azotate et sulfate de nickel des concentrations diverses.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

Sociétés savantes et techniques.

ACADÉMIE DES SCIENCES. — Les quelques communications concernant l'électricité présentées aux séances du lundi 5 et du mardi 13 juin sont analysées, p. 375 et 376.

Conférences sur l'état actuel des Industries électriques.

La dernière de la première série de ces conférences a été faite le vendredi 16 juin par M. DE LA TOUANNE qui a parlé de *l'Etat actuel de la Téléphonie*; un compte rendu de cette conférence est publié p. 374 de ce numéro.

Errata du Tome III.

Dans l'analyse de la conférence faite par M. JUMAU sur *l'Etat actuel de l'Industrie des accumulateurs* (p. 306, n° du 30 mai) une erreur a été commise dans le placement des clichés des figures. Le cliché indiqué figure 2 est, en réalité, celui de la figure 1 et inversement.

Dans l'article de M. REZELMAN sur les *Alternateurs mono- et polyphasés* (p. 324, n° du 15 juin), les figures 16 et 19 ont été interverties.

Enfin dans l'analyse du travail de MM. SHAW, HAY et POWELL sur la *Distribution du flux magnétique dans les armatures dentées*, un mot a été omis ligne 8, colonne 1 de la page 333. Il y est dit : « Toutes les armatures avaient le même diamètre », quoique dans le Tableau qui suit on puisse constater que ce diamètre varie de 13^m, 33 à 13^m, 80. Il faut donc lire : « Toutes les armatures avaient *sensiblement* le même diamètre. »

Informations diverses.

GÉNÉRATION. — La maison Brown-Boveri et C^o, de Baden, vient de livrer à l'usine d'Essen (Westphalie) la première des deux turbines de 10000 chevaux qui doivent être installées dans cette usine. Cette turbine commande, par accouplement direct, un alternateur triphasé de 5000 kilowatts sous 5000 volts, une dynamo de 1550 kilowatts, ainsi que l'excitatrice nécessaire aux deux génératrices. La vitesse angulaire du groupe est de 1000 t : m; sa longueur totale est de 19^m, 63, dont 9^m, 40 pour la turbine, 5^m, 84 pour l'alternateur et 4^m, 39 pour la dynamo. La plaque de fondation a 2^m, 50 de large et la plus grande dimension dans la largeur à l'endroit où se trouve la distribution est de 3^m, 20; le point le plus élevé du groupe, c'est-à-dire la partie supérieure du bâti de l'alternateur, est à 4^m au-dessus du sol. Le poids de la turbine est de 107^t et celui de l'ensemble de 190^t. Ajoutons que, sauf la disposition spéciale de la partie électrique, les turbines qui sont destinées à l'usine électrique de Saint-Denis, actuellement en construction,

sont du même type que la précédente. Les essais de consommation n'ont pas encore eu lieu; mais, en se basant sur les résultats obtenus à Milan et à Francfort sur des machines de puissance moindre, il est à présumer que la consommation restera au-dessous de la garantie donnée, qui est de 6^k, 900 par kilowatt-heure utile.

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE. — D'après l'*Elektro-technischer Neuigkeits Anzeiger*, des expériences ont été récemment faites sur le câble transpacifique anglais pour déterminer la vitesse à laquelle les signaux télégraphiques parcourent la distance de 19300^{km} séparant Washington de l'observatoire de Sydney (Australie) et qui représente à peu près la moitié de la circonférence du globe terrestre. Des signaux furent lancés de Washington, durant la période de 3^h à 6^h du soir, au commencement de chaque heure et enregistrés à Sydney. Le signal émis à 3^h est parvenu à Sydney au bout de 3,57 secondes; celui de 4^h au bout de 2,66 secondes; ceux de 5^h et de 6^h respectivement au bout de 2,76 et 2,55 secondes. En prenant comme moyenne 3 secondes, la vitesse de transmission est de 6430 km : sec.

— Les travaux préparatoires pour l'établissement du nouveau câble allemand Constanza-Constantinople sont terminés et la pose commencera prochainement. Le nouveau câble sort de la fabrique de câbles sous-marins de Nordenham. Il constituera l'élément terminal important d'une liaison immédiate entre Berlin et Constantinople. La concession pour l'établissement de ce câble avait été accordée en 1899. Un rendement suffisant de la nouvelle ligne paraît assuré d'abord par une subvention importante du gouvernement roumain et, d'autre part, par la condition stipulée au contrat qu'un second câble entre la Roumanie et Constantinople ne pourra être posé dans un délai de 30 ans.

TÉLÉPHONIE. — *The Electrical World and Engineer* signale la mise en service aux Etats-Unis d'un nouveau compteur téléphonique construit par la Measured Service C^o, de Chicago. Ce compteur est installé dans le poste de l'abonné, lequel, sur la demande du bureau central, le met en mouvement lors de chaque conversation, et cela en abaissant un levier. Cette manœuvre de l'abonné a pour effet de soulever un chiffre qui indique le numéro d'ordre de la conversation; elle fait en même temps fonctionner, dans le bureau central, un signal électrique, en sorte que ce dernier reçoit la preuve que le compteur a bien été mis en mouvement. Aux dates où les comptes doivent être arrêtés, l'abonné, sur l'invitation du bureau central, fait tourner d'un tour la manette fixée à l'appareil et cette manœuvre transmet au bureau central, sous forme de signaux Morse, le nombre de conversations enregistrées.

TABLE MÉTHODIQUE DES MATIÈRES (').

ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME.

Théories et Généralités.		Pages.		Pages.
Sur la dynamique de l'électron (<i>H. Poincaré</i>)...		376	Variations des spectres de bandes du carbone avec la pression et nouveaux spectres de bandes du carbone (<i>H. Deslandres</i> et <i>d'Azambuja</i>)...	220
Expérience de Curie pour démontrer l'importance de la symétrie des champs dans la production des phénomènes magnétiques et électriques..		287	Sur le spectre d'émission de l'arc électrique à haute tension (<i>de Kowalski</i>).....	314
Sur l'ionisation et le coefficient d'aimantation des solutions aqueuses (<i>G. Meslin</i>) (*).....		349	Sur les spectres des fluorures alcalino-terreux dans l'arc électrique (<i>Ch. Fabry</i>) (*).....	189
Contribution à l'étude de l'ionisation dans les flammes (<i>P. Massoulier</i>).....	93,	313	Sur la relation entre la distance explosive et la tension (<i>W. Woëge</i>).....	219
Les hypothèses dans l'évaluation des différences de potentiel au contact (<i>J. Guinchant</i>).....		28	Dissipation des brouillards et de la fumée par les courants de haute tension.....	95
Conducteurs, Électrolytes et Diélectriques.			Rayons cathodiques, rayons Roentgen, etc.	
Action du bromure de radium sur la résistance électrique des métaux (<i>B. Sabat</i>).....		189	Sur les rayons cathodiques et les lois de l'électromagnétisme (<i>P. Villard</i>) (*).....	28
Sur la résistance des fils métalliques pour les courants de haute fréquence (<i>A. Broca</i> et <i>Turchini</i>).....		313	Sur les rayons cathodiques émis par l'anode (<i>E. Rogovsky</i>).....	188
Sur la résistance au contact de deux métaux (<i>Blanc</i>).....		313	Variation de l'étincelle équivalente du tube à rayons X (<i>S. Turchini</i>) (*).....	189
La charge d'un câble à travers un condensateur et une résistance (<i>Oliver Heaviside</i>) (*)....		28	Étude de la puissance radiographique d'un tube à rayons X (<i>S. Turchini</i>) (*).....	315
L'électrolyse de l'acétate de potassium (<i>F. Færster</i> et <i>A. Piguet</i>) (*).....		28	Sur les variations d'éclat données par un tube de Crookes (<i>S. Turchini</i>).....	349
La mesure du potentiel des électrodes dans les électrolytes en repos (<i>H.-J. Sand</i>) (*).....		27	Sur l'ionisation due à l'émanation du radium (<i>W. Duane</i>) (*).....	189
Sur la variation de la différence de potentiel au contact des dissolutions miscibles d'électrolytes (<i>M. Chanoz</i>).....		314	Sur la radioactivité induite du radium (<i>P. Curie</i>)...	221
Sur la conductibilité des gaz issus d'une flamme (<i>E. Bloch</i>) (*).....		314	Sur l'ionisation produite entre deux plateaux parallèles par l'émanation du radium (<i>W. Duane</i>).....	253
Mesure de la conductibilité des diélectriques au moyen des gaz ionisés (<i>Ch. Nordmann</i>)....		59	Sur le dichroïsme produit par le radium dans le quartz incolore et sur un phénomène thermo-électrique observé dans le quartz enfumé à stries (<i>N. Egoroff</i>).....	349
Sur la rigidité électrostatique des gaz aux pressions élevées (<i>Eug. Guye</i> et <i>H. Guye</i>) (*)...		314	Les émanations radioactives sont-elles électrisées? (<i>A. Battelli</i> et <i>F. Maccarrone</i>).....	253
Tension superficielle d'un diélectrique dans le champ électrique (<i>Ch. Fortin</i>).....		188	Les gisements radifères d'Issy-l'Évêque.....	93
Sur la chaleur dégagée dans la paraffine soumise à l'action d'un champ électrostatique tournant (<i>Ch.-E. Guye</i> et <i>Denso</i>).....		188	Magnétisme.	
Sur la variation du pouvoir inducteur spécifique du verre avec la fréquence (<i>A. Broca</i> et <i>Turchini</i>).....		253	Force exercée sur une particule magnétique dans un champ magnétique (<i>A. Anderson</i>) (*)...	28
Décharges et Oscillations.			Influence de la torsion sur le moment magnétique des fils de nickel et de fer aimantés circulairement (<i>H. Gerdien</i>) (*).....	28
Sur une méthode simple pour l'étude des étincelles oscillantes (<i>G.-A. Hemsalech</i>).....		315	Hystérésis magnétique aux fréquences élevées dans le nickel et les aciers au nickel (<i>Ch.-E. Guye</i> et <i>A. Schidlof</i>).....	124
Sur les effets respectifs des courants de Foucault et de l'hystérésis du fer sur les étincelles oscillantes (<i>G.-A. Hemsalech</i>).....		315	Propriétés de la pyrrhotine dans le champ magnétique (<i>P. Weiss</i>) (*).....	349, 376
			Sur le diamagnétisme du bismuth (<i>A. Leduc</i>)...	349

(') Les astérisques placés à la fin d'un titre indiquent que l'analyse correspondante tient moins de 10 lignes.

	Pages.
Sur la variation de résistance du bismuth dans un champ magnétique (<i>Camillo Carpinì</i>) (*)..	93
Sur les coefficients d'aimantation spécifique des liquides (<i>G. Meslin</i>)	93
Sur le coefficient d'aimantation spécifique et la susceptibilité magnétique des sels (<i>G. Meslin</i>) (*).....	220
Champ magnétique auquel est soumis un corps en mouvement dans un champ électrique (<i>H. Pellat</i>)	93
Influence de la concentration sur les propriétés magnétiques des solutions de cobalt (<i>P. Vaillant</i>)..	376
De l'hystérésis magnétique produite par un champ oscillant superposé à un champ constant (<i>Duhem</i>).....	376

Électricité et Magnétisme terrestres.

Sur les ions de l'atmosphère (<i>P. Langevin</i>).....	349
Sur un enregistreur des ions de l'atmosphère (<i>P. Langevin</i> et <i>M. Moulin</i>).....	124
Enregistreur à écoulement liquide de l'ionisation atmosphérique (<i>Ch. Nordmann</i>).....	124
Sur l'enregistrement de l'ionisation de l'atmo-	

sphère (<i>Nordmann, Langevin</i> et <i>de Kowalski</i>).....	252
Sur les dangers de l'électricité atmosphérique pour l'aérostation et les moyens d'y remédier (<i>A. Breydel</i>) (*).....	189
Éléments magnétiques aux environs de Tananarive (<i>Colin</i>) (*).....	315, 376

Divers.

Sur la thermo-électricité des alliages d'aluminium (<i>H. Pécheux</i>) (*).....	28
Pouvoir thermo-électrique et effet Thomson (<i>Ponsot</i>).....	376
De l'influence du cathion dans les phénomènes électro-capillaires (<i>E. Rothé</i>)	59
Influence des champs électrique et magnétique sur la viscosité des liquides.....	218
Résistance électrique du corps humain (<i>E.-K. Muller</i>).....	350
Frein synchronisant électromagnétique (<i>H. Abraham</i>)	124
Entretien électrique des corps vibrants (<i>A. Guillet</i>).....	125

APPLICATIONS.

Génération et Transformation.

FORCE MOTRICE : Projet d'utilisation de la différence de niveau entre les lacs Érié et Ontario.	32
Sur la production de l'énergie électrique par les chutes d'eau et par le charbon en Angleterre (<i>F. Ristori</i>) (*).....	47
Quelques installations récentes de turbines hydrauliques (<i>Flamant</i>).....	336
Sur le rendement des turbines hydrauliques (<i>Flamant</i>).....	337
Le bassin houiller de Meurthe-et-Moselle	223
Conditions de résistance des pistons de machines à vapeur (<i>C. Codron</i>) (*).....	12
Les turbines à vapeur (<i>L. Drin</i>)	38, 68, 102
Sur les turbines à vapeur (<i>E. Ovazza</i>) (*).....	12
Alimentateur automatique, système Schönicke, pour chaudières à vapeur	11
Pompe centrifuge de Laval pour alimentation des chaudières.....	11
Séparateur-purgeur automatique de vapeur.....	337
Condenseurs pour turbines à vapeur (<i>G.-I. Rockford</i>) (*).....	12
L'accumulateur de chaleur Druitt Halpin.....	72
Applications du procédé Rateau pour l'utilisation de la vapeur d'échappement.....	127
Sur la gazéification des combustibles dans les gazogènes, au point de vue de l'application aux moteurs (<i>Karl Kutzbach</i>).....	303
Gazogène Mason pour charbons gras.....	47
Le moteur à gaz Duplex et l'emploi du coke dans les gazogènes à aspiration (<i>E. Lecomte</i>) (*)..	12
Consommation des moteurs Diesel	12

Les moteurs à gaz dans les stations centrales (<i>H. Campbell</i>).....	47
DYNAMOS, ALTERNATEURS : L'évolution des machines et groupes électrogènes (<i>P. Janet</i>)...	263
Sur la stabilité des machines dynamo-électriques génératrices employées pour les distributions à tension constante (<i>F. Guéry</i>).....	193
Recherches sur la distribution du flux magnétique dans les armatures dentées (<i>H.-S. Shaw, Alf. Hay</i> et <i>P.-H. Powell</i>)	47, 331, 376
Les principes généraux dans la construction des machines dynamos (<i>R.-V. Picou</i>).....	305
Dynamo « zone »,.....	32
Dynamos Rieter de 800 kilowatts à grande vitesse.....	308
Courants de Foucault dans les induits de machines à courant continu (<i>R.-V. Picou</i>).....	45
Rendement des dynamos compounds à courant continu (<i>W.-D. Moody</i>).....	47
Séparation et analyse des pertes dans les dynamos à courant continu (<i>F.-J. Brunswick</i>) (*).....	47
Les principes généraux dans la construction des alternateurs (<i>P. Boucherot</i>).....	335
Alternateurs mono- et polyphasés. Étude de leur fonctionnement (<i>J. Rezelman</i>)..	294, 324, 377
Sur les alternateurs compounds (<i>Miles Walker</i>) (*)	47
Sur la détermination de la self-induction des alternateurs (<i>A. Blondel</i>).....	200
Sur la construction des alternateurs à faible vitesse et faible tension (<i>E.-K. Scott</i>) (*).....	234
Remplacement des bobines d'armature d'alternateurs (<i>E.-K. Scott</i>).....	234

	Pages.		Pages.
Étouffeur d'harmoniques (<i>Maurice Leblanc</i>)....	46	Matière active additionnée de graphite pour accumuleurs à électrolyte invariable (<i>Kölner Akkumulatorenwerke Gottfried Hagen</i>)...	233
Sur le courant magnétisant	74	Méthode pour augmenter l'activité de la matière en oxydes ou hydrates métalliques mauvais conducteurs dans les accumulateurs à électrolyte invariable (<i>Ernst Waldemar Jungner</i>)...	234
Procédé E. Ruhmer pour la production des courants de haute fréquence.....	75	Formation des accumulateurs par le chlorate ou le perchlorate (<i>Schmidt-Altwegg</i>).....	233
Application des alternateurs compounds, système Boucherot, aux mines d'Anzin (*).....	47	Sur la fabrication des vases pour accumulateurs alcalins (<i>U. Schoop</i>).....	201
TRANSFORMATEURS, CONDENSATEURS : Sur l'allongement de l'étincelle d'une bobine d'induction à l'aide d'un conducteur auxiliaire (<i>T.-J. Bowler</i>).....	105	L'élément au charbon; un couple au gaz tonnant (<i>F. Haber et L. Bruner</i>).....	363
Courbes de courant de bobines d'induction médicales (<i>H.-L. Jones</i>).....	105	Procédé et appareil pour la production d'énergie électrique directement du charbon (<i>Keyser</i>) (*).....	76
Quelques observations sur l'effet des interrupteurs à trous (<i>K.-R. Johnson</i>).....	106	Élément (<i>Jay Noble et Edward-L. Anderson</i>)..	76
Interrupteur-turbine (<i>Gaiffe</i>).....	285	Pile électro-gazogène auto-régénérable (<i>Périole</i>)..	75
Nouveaux modèles d'interrupteurs Carpentier pour bobines d'induction (<i>H. Armagnat</i>)...	353	Pile (<i>Mann</i>) (*).....	172
Permutatrices et commutatrices.....	63	Pile hermétique à liquide immobilisé (<i>Ph. Delafon</i>).....	107
Permutatrices et commutatrices (<i>Rougé</i>). 33, 97,	196	Pile à liquide immobilisé (<i>Société de la pile Bloc</i>)..	107
Eléments de polarisation à plaque d'aluminium (<i>Max Buttner</i>).....	75	Pile humide à faible courant (<i>Reinhold Dreiholz</i>).....	171
La soupape à mercure Cooper-Hewitt (<i>M. Leblanc</i>).....	271	Perfectionnements apportés aux piles (<i>Warren</i>) (*).....	75
Condensateurs industriels.....	160	Perfectionnements dans la structure des électrodes en zinc (<i>Société Taillefer et Cie</i>)...	171
Groupe électrogène de la Société alsacienne de Constructions mécaniques à l'Exposition de Saint-Louis.....	76	Perfectionnement dans la fabrication des éléments galvaniques (<i>Rudolf Ziegenberg</i>).....	233
PILES, ACCUMULATEURS : État actuel de l'industrie des accumulateurs (<i>L. Juma</i>).....	306	Fabrication des électrodes dépolarisantes pour piles et produit nouveau qui en résulte (<i>Ph. Delafon</i>).....	107
Accumulateur Bijur.....	336	Système de montage des piles primaires et secondaires (<i>Guiet</i>) (*).....	47
Accumulateur Génard.....	47	USINES GÉNÉRATRICES : Usine hydraulique de la Toronto and Niagara Power Co.....	13
Accumulateur Thomas Alva Edison.....	234, 267	Usine hydro-électrique de Solingen, Prusse rhénane.....	76
Accumulateur E. I. t.....	201, 269	Usine génératrice à 55000 volts de la rivière Puyallup, près de Tacoma, Washington, États-Unis.....	76
Accumulateurs Schmitt (<i>T. Pausert</i>).....	257	Usine génératrice du port de Morecambe Bay, Angleterre.....	76
Accumulateurs Sirius de la Société pour le travail électrique des métaux (<i>T. Pausert</i>).....	289	Usine génératrice à turbo-dynamos de Neuchâtel (Suisse) (*).....	77
Accumulateur pour l'électromobilisme (<i>R. Ziegenberg</i>) (*).....	234	Usine génératrice à gaz de San Francisco.....	368
Perfectionnements apportés aux accumulateurs (<i>L. Ménard</i>) (*).....	172	La combinaison des usines d'incinération des ordures et des usines génératrices d'électricité (<i>W.-P. Adams</i>).....	12
Perfectionnements aux accumulateurs ou piles secondaires (<i>Théodore Pescatore</i>).....	172	Utilisation à Buffalo de l'énergie des chutes du Niagara (*).....	13
Perfectionnements à la fermeture des bacs d'accumulateurs et autres récipients (<i>Société anonyme d'éclairage et d'applications électriques</i>).....	172	DIVERS : Le régime futur de l'électricité à Paris (<i>J. Blondin</i>).....	129
Perfectionnements dans les plaques employées dans les batteries secondaires d'accumulateurs (<i>The Ekstromer Accumulator Company Limited</i>).....	172	Le régime futur de l'électricité à Paris. Étude de M. Lauriol, Ingénieur en chef des Services généraux d'éclairage.....	131
Fabrication des électrodes d'accumulateurs (<i>Oskar Frank</i>).....	172	Note de M. Sabouret sur le prix de revient de l'énergie électrique à l'usine des Moulineaux.....	147
Fabrication des plaques d'accumulateurs (<i>Berthe Riasse</i>) (*).....	172	Note de M. Blondel sur le régime futur de l'élec-	
Préparation d'électrodes d'accumulateurs dont la matière active est mélangée de graphite en écailles (<i>Thomas Alva Edison</i>).....	172		
Préparation d'électrodes dont la matière active est traversée par des canaux (<i>Pflüger Akkumulatorenwerke Aktiengesellschaft</i>) (*)...	12		

	Pages.		Pages.
tricité à Paris.....	148	Parafoudre J.-E. Cordovez.....	82
Rapport de la Commission technique sur le régime futur de l'électricité à Paris (<i>R.-V. Picou</i>)..	150	Parafoudre de la Manufacture parisienne d'appareillage électrique.....	155
Réponse du professeur Éric Gérard sur le régime futur de l'électricité à Paris.....	152	Description des appareils de protection contre les surtensions actuellement employés dans les réseaux de transport d'énergie (<i>Dusaughey</i>)..	82
Réponse des Établissements Siemens-Schuckert..	152	Sur les dispositifs de sûreté contre les surtensions dans les réseaux électriques (<i>J. Moscicki</i> et <i>A. Waeber</i>).....	155
Réponse de l'Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft.	153	Sur l'influence de la subdivision de l'étincelle et de la capacité sur les décharges par limiteurs de tension (<i>G. Benischke</i>).....	239
Réponse de la maison Brown-Boveri.....	154	Limiteur de tension Siemens et Halske.....	338
Réponse de la Compagnie parisienne de l'Air comprimé.....	154	Limiteur de courant Parvillée à circuit de chauffage.....	309
Réponse de la Compagnie générale d'Électricité de Creil.....	154	Transmission d'énergie à 60 000 volts, de Guana-juato (Mexique).....	83
Réponse de la Société Gramme.....	154	Distribution de l'énergie électrique dans les Galles du Sud (*).....	17
La force motrice à l'Exposition de Saint-Louis...	77	Informations.....	96, 287
Informations.....	32, 96, 192, 224, 287, 377	Brevets récents 49, 83, 111, 156, 178, 240, 309, 338,	370
Brevets récents ..	13, 47, 77, 107, 202, 269, 308, 368		
Transmission et Distribution.		Applications mécaniques.	
Distribution à trois fils (<i>F.-H. Jeannin</i>).....	48	Moteurs à courant alternatif (<i>Ch.-P. Steinmetz</i>)..	179
Les systèmes de distribution à courant continu dans les villes américaines (<i>A. Dow</i>).....	109	Moteur monophasé à collecteur A.-S. Mc Allister.	339
Difficultés rencontrées dans l'exploitation des lignes à haute tension et moyens de les atténuer (<i>J.-F. Kelly</i> et <i>A.-C. Bunker</i>).....	108	Commuation dans les moteurs à courant alternatif simple au démarrage (<i>Marius Latour</i>) (*)..	18
La distribution des tensions et des courants dans les réseaux conducteurs fermés (<i>C. Feldmann</i> et <i>J. Herzog</i>).....	235	Méthode d'Oerlikon pour le démarrage des moteurs asynchrones avec rotor en court-circuit.	31
Sur la mise à la terre des canalisations secondaires.	240	Calcul des électro-aimants à longue course (<i>S.-P. Thompson</i>).....	51
Application des moteurs synchrones au réglage du facteur de puissance et de la tension en ligne (<i>B.-G. Lamme</i>).....	173	Embrayage magnétique Holden.....	112
Emploi des survolteurs comme réducteurs pour l'alimentation simultanée d'un réseau de traction et d'un réseau d'éclairage à courant alternatif ou continu (<i>Jacobi</i>).....	369	Engins de levage électrique (<i>H. Haller</i> et <i>H. Hoern</i>).....	179
Régulation des transmissions à haute tension et à longue distance (<i>F.-G. Baum</i>).....	203	Accidents occasionnés par l'emploi des ponts roulants en Angleterre.....	224
Du rôle des arcs dans la production des oscillations dans les réseaux (<i>A. Blondel</i>).....	207	Grue roulante et pivotante des ateliers Thomson-Houston.....	84
Détermination expérimentale des régimes libres oscillatoires des réseaux (<i>A. Blondel</i>).....	209	Sur l'alimentation des grues électriques de grande puissance (<i>E.-K. Scott</i>).....	339
Propagation des ondes dans les longs câbles (<i>A. Blondel</i>).....	240	Applications de l'électricité dans les mines de houille (<i>Brown</i>).....	180
Discussion de la Communication de M. David sur les surtensions (<i>Brylinski</i>).....	154	Évite-molettes Karlik-Witte.....	50
Théorie de l'échauffement des câbles (<i>J. Teichmüller</i>).....	14	Perforatrice électropneumatique Gibson.....	51
Sur les surtensions dans les conducteurs et les appareils (<i>Georges Seibt</i>).....	175	Machine électrique d'extraction de la Compagnie des mines de Ligny-les-Aire.....	112
Éléments pour le calcul des isollements à haute tension (<i>H.-J. Ryan</i>).....	206	Comparaison entre l'eau sous pression et l'électricité pour la manœuvre des installations des ports.....	85
Conductibilité de l'atmosphère aux voltages élevés (<i>H.-J. Ryan</i>).....	78	Les installations électriques du port de Heysham (Angleterre) (*).....	112
La rigidité diélectrique de quelques échantillons de mica (<i>E. et W.-H. Wilson</i>) (*).....	17	Indicateur électrique de niveau d'eau (*).....	18
Procédé Staedtefeld de fabrication d'une matière isolante.....	111	Signaux automatiques de block-systèmes (<i>R. Scott</i>) (*).....	51
Examen micrographique des caoutchoucs (<i>P. Breuil</i>).....	309	Dispositif de tableau indicateur de sonnerie utilisant la résonance.....	285
Parafoudre « en série » C. Gola (<i>G. Goisot</i>).....	65	Horloge électrique à échappement libre (<i>Ch. Féry</i>)..	85
		Informations.....	224
		Brevets récents.....	18, 51, 85, 112, 180, 241, 310, 339

Traction.

	Pages.		Pages.
La traction électrique des trains lourds (<i>O.-S. Lyford et W.-N. Smith</i>).....	20	Juvisy (<i>P. Bourguignon</i>).....	5, 161, 355
La substitution de la traction électrique à la traction à vapeur (<i>J.-G. White</i>).....	19	Nouveau chemin de fer souterrain à Paris.....	255
Sur la résistance des trains (<i>W.-J. Davis</i>) (*)....	20	Un chemin de fer électrique américain à grande vitesse, système à troisième rail, entre Aurora, Elgin et Chicago (*).....	20
Comparaison des prix de revient de la traction à vapeur et la traction électrique sur le chemin de fer élevé de Manhattan.....	32	Les chemins de fer monophasés en Europe (*)....	20
Le système de récupération Raworth (*).....	20	Le chemin de fer à courant monophasé de Spindlersfeld (*).....	20
Accumulateurs hydrauliques et récupération d'énergie dans les installations de traction électrique à courants triphasés (<i>F. Celeri</i>).....	182	La traction électrique sur les chemins de fer....	30
Emploi des voitures automotrices et automobiles sur les lignes de chemin de fer d'intérêt local (<i>Ziffer et Fogowitz</i>).....	244	« Électrification » du métropolitain de Londres..	30
Avantages et inconvénients de la traction électrique sur les lignes de chemin de fer d'intérêt local (<i>H. Luithlen</i>).....	246	Ligne de tramways Warren-Jamestown à courant alternatif simple.....	64
Forme et tension du courant pour les chemins de fer d'intérêt local (<i>Pferr</i>).....	247	Ligne interurbaine Lansing Saint-Johns, États-Unis.....	182
Contrôle des réseaux électriques et entretien des fils de trôlet (<i>Pédriali</i>).....	248	Tramway interurbain de Cœur d'Alène à Spokane, États-Unis (*).....	113
Les économies de courant dans les exploitations de tramways électriques (<i>W. Klitzing</i>).....	249	Les tramways électriques du sud de Londres (*)..	20
Protection des fils télégraphiques et téléphoniques (<i>Petit</i>).....	249	Les tramways électriques de Preston (*).....	20
Influence des tramways électriques sur les instruments de mesure (<i>Bjorkegren</i>).....	250	Les tramways électriques de Pietermaritzburg (Natal) (*).....	20
Emploi des voitures de remorque (<i>Pavie</i>).....	372	Informations.....	32, 64, 96, 192
Nouveau système d'amenée et de prise de courant pour grandes lignes de chemin de fer à traction électrique (*).....	20	Brevets récents.....	86, 113, 182, 250, 270, 373
Déviateur mécanique commandé de la voiture pour l'aiguillage des tramways (<i>Chesi Cesare</i>)....	86		
Rails et roues de tramways (*) (<i>A.-N. Banister</i>)....	20		
Roues en fonte et roues à bandage d'acier (<i>Norman Crawford</i>).....	181		
Emploi du chlorure de calcium pour l'enlèvement du verglas sur le rail de contact.....	181		
Sur la comparaison des équipements à deux et à quatre moteurs (<i>Crawford</i>).....	270		
Sur les moteurs de traction à courants alternatifs (<i>Steinmetz</i>).....	371		
La commande des trains électriques du Métropolitain de Paris; train à simple et à double unité (<i>Ch. Jacquin</i>).....	225		
La commande des trains électriques du Métropolitain de Paris. Système à unités multiples de la Compagnie Thomson-Houston (<i>Ch. Jacquin</i>)....	260		
Montage à ressorts des roues dentées de tramways.	373		
Dispositif de sûreté pour perche de trôlet.....	86		
Freins pour tramways électriques (<i>Scholtes</i>)....	372		
Frein hydro-électrique A. E. G.....	270		
Arroseuse électrique de la ville de Cologne.....	113		
Les nouvelles locomotives électriques de la Valte-line.....	250		
Locomotive électrique de manœuvre de la Brooklyn Transit Company.....	182		
Les installations électriques de la ligne de Paris à			

Télégraphie et Téléphonie.

Sur la télégraphie terrestre (<i>S. Paolo</i>) (*).....	183
Transmetteur électromagnétique pour la télégraphie (<i>G. Girardi</i>).....	183
Nouveau manipulateur magnéto-électrique A. Falcone, pour la télégraphie (<i>G. Santarelli</i>)....	183
Câble sous-marin isolé à la gutta Gentsch.....	21
La capacité des longs câbles sous-marins (<i>Devauz-Charbonnel</i>).....	210
Application du cohéreur à la télégraphie ordinaire, système Magini (<i>A. Picchi</i>).....	88
Appareils de télégraphie sans fil Nevil Maskelyne.	184
Dispositifs Stone pour la télégraphie sans fil.....	213
Système Telefunken (<i>Gesellschaft für drahtlose Telegraphie</i>).....	114
Observations sur le système radio-télégraphique de Slaby (<i>O. Murani</i>).....	114
Dispositif pour accroître l'énergie radiée par les transmetteurs de télégraphie sans fil (<i>F. Braun et R.-H. Rendahl</i>).....	340
Récepteurs électrolytiques pour la télégraphie sans fil (<i>de Forest</i>).....	21
Un nouveau détecteur d'ondes (<i>J. Hården</i>).....	185
Nouveau récepteur d'ondes magnétiques (<i>W. Peukert</i>).....	251
De la possibilité d'accorder les récepteurs de télégraphie sans fil sur les deux ondes du transmetteur (<i>G. Seibt</i>).....	116
Expériences de résonance avec les transformateurs Tesla (<i>Hugo Mosler</i>).....	212
Détails de construction d'un mât de 54 ^m pour télégraphie sans fil (<i>J.-B. Baker</i>) (*).....	23
Distribution et contrôle d'actions produites à distance par les ondes électriques (<i>E. Branly</i>)....	213
Réglementation de la télégraphie sans fil en Angleterre et aux États-Unis.....	191

	Pages.
Réglementation de la télégraphie sans fil dans l'empire allemand.....	317
État actuel de la téléphonie (<i>de la Touanne</i>).....	374, 376
La téléphonie sans fil au moyen des ondes hertziennes (<i>Garcia</i>).....	21
Recherches et expériences de téléphonie par ondes hertziennes (<i>Q. Majorana</i>).....	87
Transmission des sons au moyen des ondes électriques (<i>Nussbaumer</i>).....	212
Expériences sur des lignes téléphoniques munies de bobines de self-induction (<i>H.-V. Hayes</i>)..	23
La charge des lignes téléphoniques dans la pratique (<i>Hammond-Vinton Hayes</i>).....	210
Câble téléphonique à inductance uniforme (<i>Jackson</i>).....	374
Le « Monophone » (<i>G. Courtois</i>).....	321
Dispositifs de la Automatic Electric Co (<i>N.-G. Meade</i>).....	23
Téléphone automatique Strowger.....	88, 95
Transmission précise de l'heure par le téléphone (<i>E. Guyou</i>).....	340
Sur un cas d'influences d'oscillations à haute fréquence sur des circuits téléphoniques (<i>F. de Poncharra</i>).....	52, 64
Le sélénium, son importance en électrotechnique et particulièrement dans la téléphonie optique (<i>Ernst Ruhmer</i>).....	56, 61
Nouveau modèle de télégraphone Poulsen.....	374
Télautographe Gray.....	117
Informations sur la télégraphie.....	128, 320
Informations sur la télégraphie sous-marine.....	64, 96, 160, 224, 320, 352,
Informations sur la télégraphie sans fil.....	64, 128, 160, 192, 256, 288,
Informations sur la téléphonie.....	377
Brevets récents.....	23, 52, 88, 117, 185, 251, 310, 340, 374

Applications thermiques.

Appareils électriques Ewart pour le chauffage des liquides (*).....	89
Résistances en carbones pour chauffage électrique, de la Société Porzellan-Fabrik Kahla.....	89
Fer à souder à arc électrique.....	89
Fabrication au four électrique d'objets en silice fondue.....	118
Trempe des outils en « acier à grande vitesse »..	128
Inflamateur O. Lodge à courant de haute fréquence.....	89
Informations.....	128, 320
Brevets récents.....	118

Éclairage.

L'éclairage électrique, progrès récents (<i>Pierre Weiss</i>).....	341
L'arc au mercure et ses applications (<i>Weintraub</i>).....	157
La lampe et la soupape à mercure de Cooper Hewitt (<i>Maurice Leblanc</i>).....	271
Lampe à arc thermo-électrique Fournier.....	286
Sur les lampes à incandescence (<i>Bainville</i>).....	281

	Pages.
Perfectionnements aux lampes à incandescence (<i>Léon Versé</i>).....	311
Lampe à incandescence à 1,5 watt par bougie....	62
Lampe à incandescence à filament de tantale (<i>W. von Bolton et O. Feuerlein</i>).....	53
Lampes au tantale Siemens et Halske (<i>Bainville</i>).....	157
Le tantale, sa préparation et ses propriétés (<i>von Bolton</i>).....	311
Lampe à incandescence au zircone.....	158
Consommation relative des lampes à 110 et 220 volts.....	118
Essais comparatifs sur les lampes de 110 volts et 220 volts (<i>Lauriol et P. Janet</i>).....	214
Éclairage électrique des signaux de chemins de fer (<i>A. Frey</i>).....	24
Informations.....	128
Brevets récents.....	24, 55, 118, 214, 281, 311, 341

Électrochimie et Électrometallurgie.

Les progrès récents de l'Électrochimie (<i>Chau-mat</i>).....	282
Électrolyse des chlorures alcalins additionnés de fluorures (<i>F. Færster et Erich Muller</i>)....	25
Action du brome sur les alcalis et électrolyse des bromures alcalins (<i>Horst Kretzschmar</i>)....	119
Sur les propriétés électromotrices du brome et sur le potentiel anodique pendant l'électrolyse des solutions neutres de bromure de potassium (<i>F. Bæricke</i>).....	283
Sur une méthode de préparation des persulfates (<i>Erich Müller</i>).....	90
Expériences sur l'oxydation de l'azote au moyen de l'arc électrique (<i>G. Piaggio</i>).....	283
Procédé Heibling pour la fabrication des alcalis..	25
Procédé pour la fabrication de la baryte.....	120
Procédé H.-S. Blackmore pour la fabrication de l'aluminium.....	120
Sur le fer électrolytique (<i>A. Skrabal</i>).....	342
Nouveau procédé de préparation du fer électrolytique (<i>Serguis Maximowitsch</i>).....	343
Fabrication du ferrochrome, de l'acier et de la fonte par le procédé Froges-Hérault (<i>Ch. Combes</i>).....	344
Four à induction Schneider pour l'affinage de l'acier (<i>Saladin</i>).....	346
Aciers à l'aluminium (<i>L. Guillet</i>).....	346
Préparation électrolytique de la pâte d'étain (<i>F. Gelstharp</i>).....	90
Recherches sur la façon dont se comporte le sulfure de cuivre, au point de vue électrolytique (<i>G. Bodlander et Casimir S. Idaszewski</i>)..	283
Sur la température économique d'électrolyse des solutions de sulfate de cuivre (<i>Ch.-F. Burgess</i>).....	312
Le blanchiment des farines par l'électricité (<i>Bal-land et J.-N. Aslop</i>).....	120
Oxydation électrolytique des hydrocarbures aromatiques (<i>F.-M. Perkin et H.-D. Law</i>) (*).....	120
Sur l'électrolyse d'acides organiques au moyen du courant alternatif (<i>A. Brochet et J. Petit</i>)..	120

	Pages.
Réduction électrolytique des acides nitrocinnamiques (<i>C. Marie</i>).....	312
Fabrication électrolytique des fils métalliques très fins (<i>H. Abraham</i>).....	346
Informations.....	128, 256, 288
Brevets récents.....	120

Mesures et Essais.

Appareils de mesures à lecture directe pour tableaux (<i>K. Edgecumbe</i> et <i>F. Ponga</i>)....	26
Dispositif pour la lecture des déviations, permettant d'augmenter la sensibilité sans accroître ni les dimensions ni la perte de lumière (<i>Taudin-Chabot</i>).....	27
Sur l'emploi du fer dans les instruments à courants alternatifs (<i>W.-E. Sumpner</i>) (*).....	27
Dispositif auto-amortisseur aux mouvements pendulaire et oscillatoire (<i>V. Crémieu</i>).....	252
Influence des tramways électriques sur les instruments de mesure (<i>Bjorkegren</i>).....	250
Installation d'un laboratoire pour les essais commerciaux (<i>Clayton H. Sharp</i>).....	215
Pile étalon de faible force électromotrice (<i>G.-A. Hulett</i>).....	312
Galvanomètre Deprez-d'Arsonval de Carpentier..	286
Amortissement électrostatique des galvanomètres (<i>W. Einthoven</i>).....	123
Sur quelques applications des galvanomètres à corde (<i>W. Einthoven</i>) (*).....	123
Sur l'expression de la sensibilité des galvanomètres.....	217
Pont et potentiomètre du professeur Wilh. Thiermann (<i>Wilh. Schuppel</i>).....	186
Boîte de résistances Hugues, construite par Carpentier.....	286
Electromètre à sextants et à aiguille neutre (<i>Guinchant</i>).....	252
Ampèremètre thermique Camichel.....	92
Ampèremètre thermique pour les courants de très	

	Pages.
faible intensité (<i>J. Fleming</i>).....	122
Application de l'ampèremètre thermique P. Carpentier à la mesure des puissances et des décalages. Polythermique (<i>Joly</i>).....	91
Sur les électrodynamomètres (<i>Th. Bruger</i>).....	347
Nouveaux compteurs Reason, Chamberlain, Hookham et Branlik (*).....	92
Compteur totalisateur de l'énergie fournie par une usine (<i>Th. Duncan</i>).....	123
Compteurs électriques (<i>C.-H.-W. Gerardi</i>)....	252
Mesure des self-inductions et capacités de faible valeur; étalon de self-induction (<i>J.-A. Fleming</i>).....	216
Sur la mesure de la capacité des grands câbles sous-marins (<i>Devaux-Charbonnel</i>).....	375
Appareil de mesure de la densité électrique superficielle pour les applications médicales (<i>L. Benoist</i>).....	312
Projection des courbes de courant par le tube de Braun (<i>F. Wittmann</i>).....	26
Indicateurs de facteur de puissance (<i>H.-W. Richardson</i>) (*).....	27
Essai industriel du fer en Amérique (<i>C.-E. Skinner</i>).....	26
Étude sur les essais magnétiques (<i>G.-F. Searle</i>)..	27
L'étude directe du flux magnétique par le fluxographe (<i>A. Blondel</i>).....	121
Détermination du rendement industriel des machines à courant continu (<i>S. Baldine</i>).....	91
Enregistreurs de vitesse pour chemins de fer (<i>J. Charlier</i>).....	113
Nouveau mode d'application du tube de Pitot-Darcy à la mesure de la vitesse dans les conduites d'eau sous pression (<i>H. Bellet</i>).....	375
Sur la théorie des photomètres de Matthews et de Russel-Léonard pour la mesure des intensités moyennes sphériques et hémisphériques (<i>E.-P. Hyde</i>) (*).....	123
Brevets récents.....	92, 123, 217, 348

DIVERS.

Sociétés savantes, techniques et industrielles.

ACADÉMIE DES SCIENCES. — 32, 64, 127, 160, 192, 223, 287, 319, 352,	377
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE. — 32, 64, 127, 160, 223, 255, 287, 319,	352
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS. — 32, 64, 160,	223

Expositions. Congrès. Conférences, etc.

L'Exposition internationale de Saint-Louis; les récompenses.....	31
Exposition de Liège.....	127
L'Exposition de Pâques de la Société française de Physique.....	285
Le Congrès des Tramways de Vienne.....	242
Congrès international des Mines, de la Métallur-	

gie, de la Mécanique et de la Géologie appliquées.....	352
Congrès international de Radiologie et d'Ionisation.....	352
Conférences sur l'état actuel des industries électriques..... 224, 287, 319, 352,	374
Prix et médailles distribués par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.....	127
Errata.....	377

Nécrologie.

A. Potier.....	317
----------------	-----

Bibliographie.

OUVRAGES GÉNÉRAUX : Traité théorique et pratique d'Électricité (<i>H. Pécheux</i>).....	94
---	----

	Pages.		Pages.
Électrotechnique appliquée (<i>A. Mauduit</i>)	29	<i>G. Ferrié</i>)	159
L'électricité pour tous (<i>H. de Graffigny</i>)	29	La télégraphie sans fil (<i>Domenico Mazotto</i>)	351
Étude pratique des courants alternatifs, simples et polyphasés, et de leurs principales applications industrielles (<i>Henry Chevallier</i>)	159	Elementare Vorlesungen ueber Telegraphie und Telephonie (<i>Richard Heilbrun</i>)	126
Résistance, inductance et capacité (<i>J. Rodet</i>)	29	ÉCLAIRAGE : Das elektrische Bogenlicht (la lumière de l'arc électrique) (<i>Bugon von Czudnochowski</i>)	222, 316
Le monteur électricien (<i>E. Barni</i> et <i>J.-A. Montpellier</i>)	126	ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE : Jahrbuch der Elektrochemie und angewandten physikalischen Chemie (<i>Heinrich Danneel</i>)	222
Die Formelzeichen (notations algébriques) (<i>Olof Linders</i>)	316	Hypochlorite und elektrische Bleiche (<i>Viktor Engelhardt</i>)	254
L'hystérésis magnétique aux fréquences élevées dans le fer, le nickel et les aciers au nickel (<i>Ch.-E. Guye, B. Herzfeld</i> et <i>A. Schidlof</i>)	284	Hypochlorite und elektrische Bleiche (<i>Emil Abel</i>)	254
Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1905 ..	60	Elektrolytisches Verfahren zur Herstellung parabolischer Spiegel (procédés électrolytiques pour la fabrication des miroirs paraboliques) (<i>Sherard Cowper-Coles</i>)	94
Annuaire pour 1905 du Syndicat des Usines d'électricité	284	Die Darstellung des Zincks auf elektrolytischem Wege (la fabrication électrolytique du zinc) (<i>Emil Günther</i>)	94
GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION : Précis d'Hydraulique. La houille blanche (<i>R. Busquet</i>) ..	316	L'état actuel de l'électrometallurgie du fer et de l'acier (<i>Emile Guarini</i>)	316
Roues et turbines à vapeur (<i>K. Sosnowski</i>)	60	Le four électrique; son origine, ses transformations et ses applications (<i>A. Minet</i>)	351
Les accessoires des chaudières (<i>Georges Franche</i>) ..	254	DIVERS : Causeries sur le radium et les nouvelles radiations (<i>Georges Claude</i>)	159
La machine dynamo à courant continu (<i>E. Arnold</i>)	190	Radioactivité (<i>J. Daniel</i>)	254
La bobine d'induction (<i>H. Armagnat</i>)	60	Manuel de l'ouvrier tourneur et fileteur (<i>Joanny Lombard</i>)	284
L'accumulateur électrique et ses applications industrielles (<i>Lamar Lyndon</i>)	126	Manuel de Mécanique pratique à l'usage des chauffeurs d'automobiles, mécaniciens et amateurs (<i>René Champly</i>)	284
TRANSMISSION ET DISTRIBUTION : Traité pratique du transport de l'énergie par l'électricité (<i>Louis Bell</i>)	190	Les bateaux automobiles à pétrole (<i>René Champly</i>)	351
Leitungen, Schalt- und Sicherheitsapparate für elektrische Starkstromanlagen (lignes, appareils de commande et de sécurité pour transmission de courants industriels) (<i>H. Pohl</i> et <i>B. Soschinski</i>)	222		
TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE : La télégraphie sans fil et les ondes électriques (<i>J. Boulanger</i> et			

TABLE DES NOMS D'AUTEURS (1).

	Pages.		Pages.
ABEL (Emil). — Hypochlorite und elektrische Bleiche (B)	254	— Frein hydro-électrique	270
ABRAHAM (H.). — Frein synchronisant électromagnétique	124	ANDERSON (A.). — Force exercée sur une particule magnétique dans un champ magnétique (*) ..	28
— Fabrication électrolytique des fils métalliques très fins	346	ANDERSON (Ed.-L.). — Voir <i>Noble (J.)</i> et <i>Anderson (Ed.-L.)</i>	76
ADAMS (W.-P.). — La combinaison des usines d'incinération des ordures et des usines génératrices	12	ARMAGNAT (H.). — La bobine d'induction (B) ..	60
ALLISTER (A.-S. Mac). — Moteur monophasé à collecteur	339	— Nouveaux modèles d'interrupteurs Carpentier pour bobines d'induction	353
ALLGEMEINE ELECTRICITÄTS GESELLSCHAFT. — Réponse sur le régime futur de l'électricité à Paris. 153		ARNOLD (E.). — La machine dynamo à courant continu (B)	190
		ASLOP (J.-N.). — Voir <i>Balland</i> et <i>Aslop (J.-N.)</i> ..	120
		AZAMBUJA (D'). — Voir <i>Deslandres (H.)</i> et <i>Azambuja (D')</i>	220

(1) Les astérisques placés à la fin d'un titre indiquent que l'analyse correspondante tient moins de 10 lignes; la lettre (B) indique une analyse bibliographique.

	Pages.		Pages.
BAKER (J.-B.). — Détails de construction d'un mât de 54 ^m pour télégraphie sans fil (*).....	23	BOLTON (von). — Le tantale, sa préparation et ses propriétés.....	311
BAINVILLE. — Lampes au tantale Siemens et Halske.....	157	BOLTON (W. von) et FEUERLEIN (O.). — Lampe à incandescence à filament de tantale.....	53
— Sur les lampes à incandescence.....	281	BOUCHEROT (P.). — Les principes généraux dans la construction des alternateurs.....	335
BALDINE (S.). — Détermination du rendement industriel des machines à courant continu.....	91	BOULANGER (J.) et FERRIÉ (G.). — La télégraphie sans fil et les ondes électriques (B).....	159
BALLAND et ASLOP (J.-N.). — Le blanchiment des farines par l'électricité.....	120	BOURGUIGNON (P.). — Les installations électriques de la ligne de Paris à Juvisy.....	5, 161, 355
BANISTER (A.-N.). — Rails et roues de tramways (*).....	20	BOWLKER (T.-J.). — Sur l'allongement de l'étincelle d'une bobine d'induction à l'aide d'un conducteur auxiliaire.....	105
BARNI (E.) et MONTELLIER (J.-A.). — Le Monteur électricien (B).....	126	BRANLY (E.). — Distribution et contrôle d'actions produites à distance par les ondes électriques.....	213
BATTELLI (A.) et MACCARRONE (F.). — Les émanations radioactives sont-elles électrisées?.....	253	BRAUN (F.) et RENDAHL (R.-H.). — Dispositif pour accroître l'énergie radiée par les transmetteurs de télégraphie sans fil.....	340
BAUM (F.-G.). — Régulation des transmissions à haute tension et à longue distance.....	203	BREUIL (P.). — Examen micrographique des caoutchoucs.....	309
BELL (Louis). — Traité pratique du transport de l'énergie par l'électricité (B).....	190	BREYDEL (A.). — Sur les dangers de l'électricité atmosphérique pour l'aérostation et les moyens d'y remédier (*).....	189
BELLET (H.). — Nouveau mode d'application du tube de Pitot-Darcy à la mesure de la vitesse dans les conduites d'eau sous pression.....	375	BROCA (A.) et TURCHINI (S.). — Sur la variation du pouvoir inducteur spécifique du verre avec la fréquence.....	253
BENISCHKE (G.). — De l'influence de la subdivision de l'étincelle et de la capacité sur les décharges par limiteurs de tension.....	239	— Sur la résistance des fils métalliques pour les courants de haute fréquence.....	313
BENOIST (L.). — Appareil de mesure de la densité électrique superficielle pour les applications médicales.....	312	BROCHET (A.) et PETIT (J.). — Sur l'électrolyse d'acides organiques au moyen du courant alternatif.....	120
BIJUR. — Accumulateur.....	336	BROOKLYN TRANSIT COMPANY. — Locomotive électrique de manœuvre.....	182
BJORKEGREN. — Influence des tramways électriques sur les instruments de mesure.....	250	BROWN. — Applications de l'électricité dans les mines de houille.....	180
BLACKMORE (H.-S.). — Procédé pour la fabrication de l'aluminium.....	120	BROWN-BOVERI. — Réponse sur le régime futur de l'électricité à Paris.....	154
BLANC. — Sur la résistance au contact de deux métaux.....	313	BRUGER (Th.). — Sur les électrodynamomètres..	347
BLOC (Société de la pile). — Pile à liquide immobilisé.....	107	BRUNER (L.). — Voir <i>Haber (E.)</i> et <i>Bruner (L.)</i> ..	363
BLOCH (E.). — Sur la conductibilité des gaz issus d'une flamme (*).....	314	BRUNSWICK (F.-J.). — Séparation et analyse des pertes dans les dynamos à courant continu(*)..	47
BLONDEL (A.). — L'étude directe du flux magnétique par le fluxographe.....	121	BRYLINSKY. — Discussion de la communication de M. David sur les surtensions.....	154
— Note sur le régime futur de l'électricité à Paris.....	148	BUNKER (A.-C.). — Voir <i>Kelly (J.-F.)</i> et <i>Bunker (A.-C.)</i>	108
— Sur la détermination de la self-induction des alternateurs.....	200	BURGESS (Ch.-F.). — Sur la température économique d'électrolyse des solutions de sulfate de cuivre.....	312
— Du rôle des arcs dans la production des oscillations dans les réseaux.....	207	BUSQUET (R.). — Précis d'hydraulique. La houille blanche. (B).....	316
— Détermination expérimentale des régimes libres oscillatoires dans les réseaux.....	209	BUTTNER (Max). — Éléments de polarisation à plaques d'aluminium.....	75
— Propagation des ondes dans les longs câbles (*). ..	240	CAMICHEL. — Ampèremètre thermique.....	92
BLONDIN (J.). — Le régime futur de l'électricité à Paris.....	129	CAMPBELL (H.). — Les moteurs à gaz dans les stations centrales(*).....	47
BODLANDER (G.) et IDASZEWSKI (Casimir-S.). — Recherches sur la façon dont se comporte le sulfure de cuivre au point de vue électrolytique.....	283	CARPENTIER. — Galvanomètre Deprez-d'Arsonval. Relais d'induction. Boîte de résistances Hugues.....	286
BOERICKE (F.). — Sur les propriétés électromotrices du brome et sur le potentiel anodique pendant l'électrolyse des solutions neutres de potassium.....	283	— Nouveaux modèles d'interrupteurs pour bobines	

	Pages.
d'induction	353
CARPINI (Camillo). — Sur la variation de résistance du bismuth dans un champ magnétique (*).....	93
CELERI (F.). — Accumulateurs hydrauliques et récupération d'énergie dans les installations de traction électrique à courants triphasés..	182
CESARE (Chesi). — Déviateur mécanique commandé de la voiture pour l'aiguillage des tramways.....	86
CHAMPLY (René). — Manuel de pratique mécanique à l'usage des chauffeurs d'automobiles, mécaniciens et amateurs (B).....	284
— Les bateaux automobiles à pétrole (B).....	351
CHANOZ (M.). — Sur la variation de la différence de potentiel au contact des dissolutions non miscibles d'électrolytes.....	314
CHARLIER (J.). — Enregistreurs de vitesse pour chemins de fer.....	113
CHAUMAT. — Les progrès récents de l'Électrochimie.....	282
CHEVALLIER (Henry). — Etude pratique des courants alternatifs, simples et polyphasés et de leurs principales applications industrielles (B).....	159
CLAUDE (Georges). — Causeries sur le radium et les nouvelles radiations (B).....	159
CODRON (C.). — Conditions de résistance des pistons de machines à vapeur (*).....	12
COLIN. — Etude des éléments magnétiques aux environs de Tananarive.....	315, 376
COMBES (Ch.). — Fabrication du ferro-chrome, de l'acier et de la fonte par le procédé Froges-Hérault.....	344
COMPAGNIE PARISIENNE DE L'AIR COMPRIMÉ. — Réponse sur le régime futur de l'électricité à Paris.....	154
COOPER-COLES (Sherard). — Elektrolytisches Verfahren zur Herstellung parabolischer Spiegel (Procédés électrolytiques pour la fabrication des miroirs paraboliques) (B).....	94
CORDOVEZ (J.-E.). — Parafoudre.....	82
COURTOIS (G.). — Le « Monophone ».....	321
CRAWFORD (Norman). — Roues en fonte et roues à bandages d'acier.....	181
— Sur la comparaison des équipements à deux et à quatre moteurs.....	270
CRÉMIEU (V.). — Dispositif auto-amortisseur applicable aux mouvements pendulaire et oscillatoire.....	252
CURIE (P.). — Sur la radioactivité induite du radium.....	221
— Expérience pour démontrer l'importance de la symétrie des champs dans la production des phénomènes magnétiques et électriques.....	287
CZUDNOCHOWSKI (Biegon von). — Das electrische Bogenlicht (la lumière de l'arc électrique) (B).....	222
— Das elektrishe Bogenlicht (la lumière électrique) (B).....	316
DANIEL (J.). — Radioactivité (B).....	254

	Pages.
DANNIEL (Heinrich). — Jahrbuch der Elektrochemie und angewandten physikalischen Chemie.....	222
DAVIS (W.-J.). — Sur la résistance des trains (*).....	20
DELAFFON (Ph.). — Fabrication des électrodes depolarisantes et produit nouveau qui en résulte.....	107
— Pile hermétique à liquide immobilisé.....	107
DENSO. — Voir <i>Guye (Ch.-E.) et Denso</i>	189
DESLANDRES (H.) et AZAMBUJA (D'). — Variations des spectres de bandes du carbone avec la pression et nouveaux spectres de bandes du carbone.....	220
DEVAUX-CARBONNEL. — Sur la mesure de la capacité des grands câbles sous-marins.....	375
— La capacité des longs câbles sous-marins.....	210
DOW (A.). — Les systèmes de distribution à courant continu dans les villes américaines.....	109
DREIBHOLZ (Reinhold). — Pile humide à faible courant.....	171
DRIN (L.). — Les turbines à vapeur... 38, 68, 102	
DUANE (W.). — Sur l'ionisation due à l'émanation du radium (*).....	189
— Sur l'ionisation produite entre deux plateaux parallèles par l'émanation du radium.....	253
DUHEM. — De l'hystérésis magnétique produite par un champ oscillant superposé à un champ constant.....	376
DUNCAN (Th.). — Compteur totalisateur de l'énergie fournie par une usine.....	123
DUSAUGEY. — Description des appareils de protection contre les surtensions actuellement employés dans les réseaux de transport d'énergie.....	82
EDGEUMBE (K.) et PONGA (F.). — Appareils de mesure à lecture directe pour tableaux.....	26
EDISON (Thomas Alva). — Procédé de préparation d'électrodes d'accumulateurs dont la matière active est mélangée de graphite en écailles..	172
— Accumulateur électrique à électrolyte alcalin invariable.....	234
— Accumulateur.....	267
EGOROFF (N.). — Sur le dichroïsme produit par le radium dans le quartz incolore et sur un phénomène thermo-électrique observé dans le quartz enfumé à stries.....	349
EINTHOVEN (W.). — Sur quelques applications des galvanomètres à corde.....	123
— Amortissement électrostatique des galvanomètres.....	123
EKSTROMER ACCUMULATOR COMPANY LIMITED. — Perfectionnements aux plaques employées dans les batteries secondaires d'accumulateurs....	172
ENGELHARDT (Viktor). — Hypochlorite und elektrische Bleiche (B).....	254
EWART. — Appareils électriques pour le chauffage des liquides.....	89
FABRY (Ch.). — Sur les spectres des fluorures alcalino-terreux dans l'arc électrique (*).....	189
FELDMANN et HERZOG. — La distribution des ten-	

	Pages.		Pages.
sions et des courants dans les réseaux conducteurs fermés.....	235	GUÉRY (F.). — Sur la stabilité des machines dynamo-électriques génératrices pour les distributions à tension constante.....	193
FERRIÉ (G.). — Voir <i>Boulanger (J.) et Ferrié (G.)</i>	159	GUÏET. — Système de montage des piles primaires et secondaires (*).....	47
FÉRY (Ch.). — Horloge électrique à échappement libre.....	85	GUILLET (A.). — Entretien électrique des corps vibrants.....	125
FEUERLEIN (O.). — Voir <i>Bolton (W. von) et Feuerlein (O.)</i>	53	GUILLET (L.). — Aciers à l'aluminium.....	346
FLAMANT. — Quelques installations récentes de turbines hydrauliques.....	336	GUINCHANT (J.). — Les hypothèses dans l'évaluation des différences de potentiel au contact... ..	28
— Sur le rendement des turbines hydrauliques..	337	— Electromètre à sextants et à aiguille neutre... ..	252
FLEMING (J.). — Ampèremètre thermique pour les courants de très faible intensité.....	122	GUNTHER (Emil). — Die Darstellung des Zinks auf elektrolytischem Wege (B.).....	94
— Mesure des self-inductions et capacités de faible valeur; étalon de self-induction.....	216	GUYE (Ch.-E.) et DENSO. — Sur la chaleur dégagée dans la paraffine soumise à l'action d'un champ électrostatique tournant.....	188
FÖRSTER (F.) et MULLER (Erich). — Electrolyse des chlorures alcalins additionnés de fluorures.	25	GUYE (Ch.-E.) et SCHIDLOF (A.). — Hystérésis magnétique aux fréquences élevées dans le nickel et les aciers au nickel.....	124
FÖRSTER (F.) et PIGUET (A.). — L'électrolyse de l'acétate de potassium.....	28	GUYE (Ch.-E.), HERZFELD (B.) et SCHIDLOF (A.). — L'hystérésis magnétique aux fréquences élevées dans le fer, le nickel et les aciers au nickel (B.).....	284
FOGOWITZ. — Voir <i>Ziffer et Fogowitz</i>	241	GUYE (Eug.) et GUYE (H.). — Sur la rigidité électrostatique des gaz aux pressions élevées....	314
FOREST (de). — Récepteurs électrolytiques pour la télégraphie sans fil.....	21	GUYOU (E.). — Transmission précise de l'heure par le téléphone.....	340
FORTIN (Ch.). — Tension superficielle d'un diélectrique dans le champ électrique.....	188	HABER (E.) et BRUNER (L.). — L'élément au charbon; un couple au gaz tonnant.....	363
FOURNIER. — Arc thermo-électrique.....	286	HALLER (H.) et HOERN (H.). — Engins de levage électriques (*).....	179
FRANCHE (Georges). — Les accessoires des chaudières (B.).....	254	HALPIN (Druitt). — Accumulateur de chaleur... ..	72
FRANK (Oscar). — Procédé de fabrication des plaques d'accumulateurs.....	172	HÄRDEN (J.). — Un nouveau détecteur d'ondes... ..	185
FREY (A.). — Éclairage électrique des signaux de chemins de fer.....	24	HAY (A.). — Voir <i>Heleshaw, Hay (A.) et Powell (P.-H.)</i>	47
GAIFFE. — Interrupteur-turbine.....	285	— Voir <i>Shaw (H.-S.), Hay (Alf.) et Powell (P.-H.)</i>	331
GARCIA. — La téléphonie sans fil au moyen des ondes hertziennes.....	23	HAYES (H.-V.). — Expériences sur des lignes téléphoniques munies de bobines de self-induction.....	23
GELSTHARP (F.). — Préparation électrolytique de la pâte d'étain.....	90	— La charge des lignes téléphoniques dans la pratique.....	210
GÉNARD (F.-A.). — Accumulateur.....	47	HEAVISIDE (Oliver). — La charge d'un câble à travers un condensateur et une résistance (*)... ..	28
GÉRARD (Eric). — Réponse du professeur sur le régime futur de l'électricité à Paris.....	152	HEIBLING. — Procédé pour la fabrication des alcalis.	25
GERARDI (C.-H.-W.). — Compteurs électriques... ..	252	HEILBRUN (Richard). — Elementare Vorlesungen ueber Telegraphie und Telephonie (B.).....	126
GERDIEN (H.). — Influence de la torsion sur le moment magnétique des fils de nickel et de fer aimantés circulairement.....	28	HEMSALECH (G.-A.). — Sur une méthode simple pour l'étude des étincelles oscillantes.....	315
GESELLSCHAFT FÜR DRATHLOSE TELEGRAPHIE. — Système Telefunken.....	114	— Sur les effets respectifs des courants de Foucault et de l'hystérésis du fer sur les étincelles oscillantes.....	315
GIBSON. — Perforatrice électropneumatique.....	51	HÉROULT. — Procédé de fabrication du ferrochrome, de l'acier et de la fonte.....	344
GIRARDI (G.). — Transmetteur électromagnétique pour la télégraphie.....	183	HERZFELD (B.). — Voir <i>Guye (Ch.-E.), Herzfeld (B.) et Schidlof (A.)</i>	284
GOISOT (G.). — Parafoudres et limiteurs de tension, parafoudre « en série » G. Gola.....	65	HERZOG (J.). — Voir <i>Feldmann (C.) et Herzog (J.)</i>	335
— Influence des champs électriques et magnétiques sur la viscosité des liquides.....	218	HEWITT (Cooper). — Lampe et soupape à mercure.	271
GOLA (G.). — Parafoudre « en série ».....	65	HOERN (H.). — Voir <i>Haller (H.) et Hoern (H.)</i>	179
GOTTFRIED HAGEN (KOLNER AKKUMULATOREN-WERKE). — Matière active additionnée de graphite pour accumulateurs à électrolyte invariable..	233		
GRAFFIGNY (H. de). — L'électricité pour tous (B).	29		
GRAY. — Télautographe.....	117		
GUARINI (Emile). — L'état actuel de l'électrometallurgie du fer et de l'acier (B.).....	316		

	Pages.		Pages.
HOLDEN. — Embrayage magnétique	112	LAMME (B.-G.). — Application des moteurs syn-	
HULETT (G.-A.). — Pile étalon de faible force élec-		chrones au réglage du facteur de puissance et	
tromotrice	312	de la tension en ligne	173
HYDE (E.-P.). — Sur la théorie des photomètres		LONGEVIN (P.). — Sur les ions de l'atmosphère..	349
de Matthews et de Russel-Leonard pour la		LONGEVIN (P.) et MOULIN (M.). — Sur un enregis-	
mesure des intensités moyennes sphériques et		treur des ions de l'atmosphère	124
hémisphériques (*)	123	— Voir <i>Nordmann, Langevin et Kowalsky (de)</i> .	252
IDASZEWSKI (Casimir-S.). — Voir <i>Bodlander (G.)</i>		LATOUR (Marius). — Commutation dans les mo-	
et <i>Idaszewski (Casimir-S.)</i>	283	teurs à courant alternatif simple au démar-	
JACKSON (D.-C.). — Câble téléphonique à induc-		rage (*)	18
tance uniforme	374	LAURIOL. — Étude sur le régime futur de l'électri-	
JACOBI. — Emploi des survolteurs comme réduc-		cité à Paris	131
teurs pour l'alimentation simultanée d'un ré-		— Essais comparatifs sur les lampes de 110 volts	
seau de traction et d'un réseau d'éclairage à		et 220 volts	214
courant alternatif ou continu	369	LAW (H.-D.). — Voir <i>Perkin (F.-M.) et Law</i>	
JACQUIN (Ch.). — La commande des trains élec-		(<i>H.-D.</i>)	120
triques du Métropolitain de Paris	225	LEBLANC (Maurice). — Étouffeur d'harmoniques..	46
— La commande des trains électriques du Métro-		— La lampe et la soupape à mercure de Cooper	
politain de Paris. Systèmes à unités multiples		Hewitt	271
de la Compagnie Thomson-Houston	260	LECOMTE (E.). — Le moteur à gaz Duplex et l'em-	
JANET (P.). — L'évolution des machines et groupes		ploi du coke dans les gazogènes à aspiration (*)..	12
électrogènes	263	LEDUC (A.). — Sur le diamagnétisme du bismuth.	349
— Essais comparatifs de lampes de 110 volts et		LINDERS (Olof). — Die Formelzeichen (Notations	
220 volts	214	algébriques) (B)	316
JEANNIN (F.-H.). — Distribution à trois fils	48	LODJE (O.). — Inflamateur à courant de haute	
JOHNSON (K.-R.). — Quelques observations sur		fréquence	89
l'effet des interrupteurs à trous	106	LOMBARD (Joanny). — Manuel de l'ouvrier tour-	
JOLY. — Application de l'ampèremètre thermique		neur et fileteur (B)	284
J. Carpentier à la mesure des puissances et		LUITHLEN (H.). — Avantages et inconvénients de	
des décalages. Polythermique	91	la traction électrique sur les lignes de chemin	
JONES (H.-L.). — Courbes de courant de bobines		de fer d'intérêt local	246
d'induction médicales	105	LAFORD (O.-N.) et SMITH (W.-N.). — La traction	
JUMAU (L.). — L'état actuel de l'industrie des accu-		électrique des trains lourds (*)	20
mateurs	306, 377	LYNDON (Lamar). — L'accumulateur électrique et	
JUNGNER (Ernst-Waldemar). — Méthode pour aug-		ses applications industrielles (B)	126
menter l'activité de la matière en oxydes ou		MACCARRONE (F.). — Voir <i>Battelli (A.) et Mac-</i>	
hydrates métalliques mauvais conducteurs		<i>carrone (F.)</i>	253
dans les accumulateurs à électrolytique inva-		MAGINI. — Application du cohéreur à la télégra-	
riable	234	phie ordinaire	88
KARLIK-WITTE. — Evite-molettes	50	MAJORANA (Q.). — Recherches et expériences de	
KELLY (J.-F.) et BUNKER (A.-C.). — Difficultés		téléphonie par ondes hertziennes	87
rencontrées dans l'exploitation des lignes à		MANN. — Pile (*)	172
haute tension et moyens de les atténuer	108	MANUFACTURE PARISIENNE D'APPAREILLAGE ÉLEC-	
KEYSER. — Procédé et appareil pour la production		TRIQUE. — Parafoudre	155
de l'énergie électrique directement du char-		MARIE (C.). — Réduction électrique des acides	
bon (*)	76	nitrocinnamiques	312
KLITZING (W.). — Les économies de courant dans		MASKELYNE (Nevil). — Appareils de télégraphie	
les exploitations de tramways électriques	249	sans fil	184
KOWALSKI (de). — Voir <i>Nordmann, Langevin</i>		MASON. — Gazogène pour charbons gras	47
et <i>Kowalski (de)</i>	252	MASSOULIER (P.). — Contribution à l'étude de l'io-	
— Sur le spectre d'émission de l'arc électrique à		nisation dans les flammes	93, 189, 313
haute tension	314	MAUDUIT (A.). — Électrotechnique appliquée (B).	29
KRETZSCHMAR (Horst). — Action du brome sur les		MAXIMOWITSCH (Serguis). — Nouveau procédé de	
alcalis et électrolyse des bromures alcalins	119	préparation du fer électrolytique	343
KUTZBACH (Karl). — Sur la gazéification des com-		MAZOTTO (Domenico). — La télégraphie sans fils (B).	351
bustibles dans les gazogènes, au point de vue		MEADE (N.-G.). — Dispositif de la Automatic Elec-	
de l'application aux moteurs	303	tric Co (*)	23
		MÉNARD (L.). — Perfectionnements apportés aux	
		accumulateurs (*)	172

	Pages.		Pages.
MESLIN (G.). — Sur les coefficients d'aimantation spécifique des liquides.....	93	électrolytique des hydrocarbures aromatiques (*).....	120
— Sur le coefficient d'aimantation du bismuth....	188	PESCATORE (Théodore). — Perfectionnements aux accumulateurs ou piles secondaires.....	172
— Sur le coefficient d'aimantation spécifique et la susceptibilité magnétique des sels.....	220	PETIT (J.). — Voir <i>Brochet (A.)</i> et <i>Petit (J.)</i>	120
— Sur l'ionisation et le coefficient d'aimantation des solutions aqueuses (*).....	349	PETIT. — Protection des fils télégraphiques et téléphoniques.....	249
MINET (A.). — Le four électrique; son origine, ses transformations et ses applications (B).....	351	PEUKERT (W.). — Nouveau récepteur d'ondes magnétiques.....	251
MONTPELLIER (J.-A.). — Voir <i>Barni (E.)</i> et <i>Montpellier (J.-A.)</i>	126	PFORR. — Forme et tension du courant pour les chemins de fer d'intérêt local.....	247
MOODY (W.-D.). — Rendement des dynamos compounds à courant continu (*).....	47	PFLÜGER ACCUMULATOREN-WERKE AKTIEN GESELLSCHAFT. — Procédé de préparation d'électrodes dont la matière active est traversée par des canaux (*).....	12
MOULIN (M.). — Voir <i>Langevin (P.)</i> et <i>Moulin (M.)</i>	124	PIAGGIO (G.). — Expériences sur l'oxydation de l'azote au moyen de l'arc électrique.....	283
MOSCICKI (J.) et WAEBER (A.). — Sur les dispositifs de sûreté contre les surtensions dans les réseaux électriques.....	155	PICOU (R.-V.). — Rapport de la Commission technique sur le régime futur de l'électricité à Paris.....	150
MOSLER (Hugo). — Expériences de résonance avec les transformateurs Tesla.....	212	— Les principes généraux dans la construction des machines dynamos.....	305
MULLER (Erich). — Voir <i>Færster (F.)</i> et <i>Muller (Erich)</i>	25	— Courants de Foucault dans les induits de machines à courant continu.....	45
— Sur une méthode de préparation des persulfates.....	90	PIGUET (A.). — Voir <i>Færster (F.)</i> et <i>Piguet (A.)</i>	28
MULLER (E.-K.). — Résistance électrique du corps humain.....	350	POHL (H.) et SOSCHINSKI (B.). — Leitungen, Schalt und Sicherheitsapparate für elektrische Starkstromanlagen. (Lignes, appareils de commande et de sécurité pour transmissions de courants industriels (B).....	222
MURANI (O.). — Observations sur le système radiotélégraphique de Slaby.....	114	POINCARÉ (H.). — Sur la dynamique de l'électron.....	376
NOBLE (J.) et ANDERSON (Ed.-L.). — Élément....	76	PONCHARRA (F. de). — Sur un cas d'oscillations à haute fréquence sur des circuits téléphoniques.....	52
NORDMANN (Ch.). — Mesure de la conductibilité des diélectriques au moyen des gaz ionisés..	59	PONGA (F.). — Voir <i>Edgecumbe (K.)</i> et <i>Ponga (F.)</i>	26
— Enregistreur à écoulement liquide de l'ionisation atmosphérique.....	124	PONSOT. — Pouvoir thermochimique et effet Thomson.....	376
NORDMANN, LANGEVIN et KOWALSKI (de). — Sur l'enregistrement de l'ionisation de l'atmosphère.....	252	POULSEN. — Nouveau modèle de télégraphone... 376	
NUSSBAUMER. — Transmission des sons au moyen des ondes électriques.....	212	POWELL (P.-H.). — Voir <i>Heleshaw, Hay (A.)</i> et <i>Powell (P.-H.)</i>	47
OVAZZA (E.). — Sur les turbines à vapeur (*)...	12	— Voir <i>Shaw (H.-S.)</i> , <i>Hay (Alf.)</i> et <i>Powell (P.-H.)</i>	331
PAOLO (S.). — Sur la télégraphie terrestre (*)...	183	RAWORTH. — Système de récupération (*).....	20
PARVILLÉE. — Limiteur de courant à circuit de chauffage.....	309	RENDHAL (R.-H.). — Voir <i>Braun (F.)</i> et <i>Rendhal (R.-H.)</i>	340
PAUSERT (T.). — Accumulateur Sirius, de la Société pour le travail électrique des métaux...	289	REZELMAN (J.). — Alternateurs mono- et polyphasés. Étude de leur fonctionnement. 294, 324,	377
— Accumulateurs Schmitt.....	257	RIASSE (Berthe). — Fabrication des plaques d'accumulateurs.....	172
PAVIE. — Emploi des voitures de remorque.....	372	RICHARDSON (H.-W.). — Indicateurs de facteur de puissance (*).....	27
PÉCHEUX (H.). — Sur la thermo-électricité des alliages d'aluminium.....	28	RIETER. — Dynamos de 800 kilowatts à grande vitesse.....	308
— Traité théorique et pratique d'Électricité (B).....	94	RISTORI (F.). — Sur la production de l'énergie électrique par les chutes d'eau et le charbon en Angleterre (*).....	47
PÉDRIALI. — Contrôle des réseaux électriques et entretien des fils de trôlet.....	248	ROCKFORD (G.-I.). — Condenseurs pour turbines à vapeur (*).....	12
PELLAT (H.). — Champ magnétique auquel est soumis un corps en mouvement dans un champ électrique.....	93		
PERIOLE. — Pile électro-gazogène auto-régénérable.....	75		
PERKIN (F.-M.) et LAW (H.-D.). — Oxydation			

	Pages.		Pages.
RODET (J.). — Résistance, inductance et capacité (B).....	29	transmetteur.....	116
ROGOVSKY (E.). — Sur les rayons cathodiques émis par l'anode.....	188	SHARP (Clayton-H.). — Installation d'un laboratoire pour les essais commerciaux.....	215
ROSSET (Georges). — L'accumulateur EIt au plomb allotropique.....	269	SHAW (H.-S.), HAY (Alf.) et POWELL (P.-H.). — Recherches sur la distribution du flux magnétique dans les armatures dentées... 47, 331,	376
ROTHÉ (E.). — De l'influence du cation dans les phénomènes électro-capillaires.....	59	SIEMENS et HALSKE. — Limiteur de tension.....	338
ROUGÉ. — Permutatrices et commutatrices. 33, 97,	196	— Lampes au tantale.....	157
RUHMER (Ernst). — Le sélénium, son importance en électrotechnique et particulièrement dans la téléphonie optique.....	56	SIEMENS-SCHUCKERT. — Réponse sur le régime futur de l'électricité à Paris.....	152
— Procédé pour la production des courants de haute fréquence.....	75	SKINNER (C.-E.). — Essai industriel du fer en Amérique.....	26
RYAN (H.-J.). — Conductibilité de l'atmosphère aux voltages élevés.....	78	SKRABAL (A.). — Sur le fer électrolytique.....	342
— Éléments pour le calcul des isollements à haute tension.....	206	SMITH (W.-N.). — Voir <i>Lyford (O.-S.)</i> et <i>Smith (W.-N.)</i>	20
SABAT (B.). — Action du bromure de radium sur la résistance électrique des métaux.....	189	SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES. — Groupe électrogène de l'Exposition de Saint-Louis.....	76
SABOURET. — Note sur le prix de revient de l'énergie électrique produite à l'usine des Moulins.....	147	SOCIÉTÉ ANONYME D'ÉCLAIRAGE ET D'APPLICATIONS ÉLECTRIQUES. — Perfectionnements à la fermeture des bacs d'accumulateurs et autres récipients.....	172
SALADIN. — Four à induction Schneider pour l'affinage de l'acier.....	346	SOCIÉTÉ GRAMME. — Réponse sur le régime futur de l'électricité à Paris.....	154
SAND (H.-J.). — La mesure du potentiel des électrodes dans les électrolytes au repos (*),..	27	SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX. — Accumulateurs Sirius.....	289
SANTARELLI (G.). — Nouveau manipulateur magnéto-électrique A. Falcone, pour la télégraphie.....	185	SOCIÉTÉ PORZELIAN-FABRIK KAHLA. — Résistances en carbone pour chauffage électrique.....	89
SCHIDLÖF (A.). — Voir <i>Guye (Ch.-E.)</i> , <i>Herzfeld (B.)</i> et <i>Schidlöf (A.)</i>	284	SOSCHINSKI (B.). — Voir <i>Pohl (H.)</i> et <i>Soschinski (B.)</i>	222
— Voir <i>Guye (Ch.-E.)</i> et <i>Schidlöf (A.)</i>	124	SOSNOWSKI (E.). — Roues et turbines à vapeur (B). STAEDTEFELD. — Procédé de fabrication d'une matière isolante.....	60 111
SCHMIDT-ALTWEGG. — Formation des accumulateurs par le chlorate ou le perchlorate.....	233	STEINMETZ (Ch.-P.). — Moteurs à courant alternatif.....	179
SCHMITT. — Accumulateurs.....	257	— Sur les moteurs de traction à courants alternatifs.....	37
SCHNEIDER. — Four à induction pour l'affinage de l'acier.....	346	STONE. — Dispositifs pour la télégraphie sans fil.	213
SCHOLTES. — Freins pour tramways électriques..	372	STROWGER. — Téléphone automatique.....	88
SCHÖNICKÉ. — Alimentateur automatique pour chaudières à vapeur.....	11	SUMPNER (W.-E.). — Sur l'emploi du fer dans les instruments à courants alternatifs.....	27
SCHOOP (Ü.). — Sur la fabrication des vases pour accumulateurs alcalins.....	201	TAILLEFER ET C ^{ie} . — Perfectionnements dans la structure des électrodes en zinc pour piles... 171	
SCHUPPEL (Wilh.). — Pont et potentiomètre du Prof. Wilh. Thiermann.....	186	TAUDIN-CHABOT. — Dispositif pour la lecture des déviations, permettant d'augmenter la sensibilité sans accroître ni les dimensions ni la perte de lumière.....	27
SCOTT (E.-K.). — Sur la construction des alternateurs à faible vitesse et faible tension (*),..	234	TEICHMÜLLER (J.). — Théorie de l'échauffement des câbles.....	14
— Remplacement des bobines d'armature d'alternateurs.....	234	THIERMANN (Wilh.). — Pont et potentiomètre... 186	
— Sur l'alimentation des grues électriques de grande puissance.....	339	THOMPSON (S.-P.). — Calcul des électro-aimants à longue course (*),..	51
SCOTT (R.). — Signaux automatiques de block-systèmes.....	51	TOUANNE (DE LA). — État actuel de la téléphonie.....	374, 376
SEARLE (G.-E.). — Étude sur les essais magnétiques.....	27	TURCHINI (S.). — Variation de l'étincelle équivalente du tube à rayons X (*),..	189
SIEBT (Georges). — Sur les surtensions dans les conducteurs et les appareils.....	175	— Étude de la puissance radiographique d'un tube à rayons X.....	315
— De la possibilité d'accorder les récepteurs de télégraphie sans fil sur les deux ondes du		— Sur les variations d'éclat données par un tube	

	Pages.		Pages.
de Crookes	349	récents	341
— Voir <i>Broca</i> (A.) et <i>Turchini</i>	253, 313	— Propriétés de la pyrrothine dans le champ magnétique (*)	349, 376
VAILLANT (P.). — Aimantation des solutions de cobalt	376	WHITE (J.-G.). — La substitution de la traction électrique à la traction à vapeur	19
VERSÉ (Léon). — Perfectionnements aux lampes à incandescence	311	WILSON (E. et W.-H.). — La rigidité diélectrique de quelques échantillons de mica (*)	17
VILLARD (P.). — Sur les rayons cathodiques et les lois de l'Électromagnétisme (*)	28	WITTMAN (F.). — Projection des courbes de courant avec le tube de Braun (*)	26
WAEBER (A.). — Voir <i>Moscicki</i> (J.) et <i>Waeber</i> (A.).	155	WÖRGE (W.). — Sur la relation entre la distance explosive et la tension	219
WALKER (Miles). — Sur les alternateurs compounds (*)	47	ZIEGENBERG (Rudolf). — Perfectionnement dans la fabrication des éléments galvaniques	233
WARNON. — Perfectionnements apportés aux piles (*)	75	— Accumulateur pour l'électromobilisme	234
WEINTRAUB. — L'arc au mercure et ses applications	157	ZIFFER et FOGOWITZ. — Emploi des voitures automobiles et automotrices sur les lignes de chemin de fer d'intérêt local	244
WEISS (Pierre). — L'éclairage électrique, progrès			

FIN DU TOME III.



UNIV OF MICH
FEB 26 1909



